Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americanus*) : revue des essais et recommandations

Nathalie Paille et Louise Gendron

Direction régionale des sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

2001

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques 261

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92-110 were issued as Department of Fisheries and Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport canadien à l'industrie
sur les sciences halieutiques et aquatiques 261

2001

Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americanus*) : revue des essais et recommandations

Nathalie Paille et Louise Gendron

Direction régionale des Sciences
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2001
No de cat. Fs 97-14/261F ISSN 0704-3708

On devra citer la publication comme suit :

Paille, N. et L. Gendron. 2001. Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americanus*) : revue des essais et recommandations. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 261: vii + 43 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX v

LISTE DES FIGURES v

RÉSUMÉ vi

ABSTRACT vii

1.0 INTRODUCTION 1

1.1 PROBLÉMATIQUE 1
1.2 CYCLE VITAL DU HOMARD 1
1.3 OBJECTIFS 3

2.0 REVUE DES ESSAIS DE MISE EN PLACE DE RÉCIFS ARTIFICIELS POUR LE HOMARD AMÉRICAIN ET EUROPÉEN 4

2.1 DÉTROIT DE NORTHUMBERLAND, NOUVEAU-BRUNSWICK (1965-1973) 4
2.1.1 Description 4
2.1.2 Échantillonnage 5
2.1.3 Résultats 5
2.1.4 Colonisation par les autres espèces 6

2.2 BAIE DE NARRAGANSETT, RHODE ISLAND (1972-1974) 6
2.2.1 Description 6
2.2.2 Échantillonnage 7
2.2.3 Résultats 9
2.2.4 Colonisation par les autres espèces 9

2.3 BAIE DE NARRAGANSETT, RHODE ISLAND (1996-1998) 10
2.3.1 Description 10
2.3.2 Échantillonnage 10
2.3.3 Résultats 11
2.3.4 Colonisation par les autres espèces 11

2.4 BAIE DE POOLE, ANGLETERRE (1989-1992), (*HOMARUS GAMMARUS*) 12
2.4.1 Description 12
2.4.2 Échantillonnage 12
2.4.3 Résultats 13

2.5 ANSE-À-BEAUFILS, QUÉBEC (1992-1994) 13
2.5.1 Description 13
2.5.2 Échantillonnage 14
2.5.3 Résultats 14
2.5.4 Colonisation par les autres espèces 16

2.6 BAIE DE CASCAPÉDIA, QUÉBEC (1998-2000) 16
2.6.1 Échantillonnage 16
2.6.2 Description des structures et observations 17
Récifs pour homards juvéniles 17
Récifs pour homards adultes 19
Tuyaux de canalisation (profil haut et profil bas) 19
Cubes de briques trouées 19
Support à algues 19
2.6.3 Remarques générales 20

2.7 CARAQUET/VAL COMEAU, NOUVEAU-BRUNSWICK (1998-EN COURS) 20
2.7.1 Description 20
2.7.2 Échantillonnage 21
2.7.3 Résultats 21
2.7.4 Colonisation par les autres espèces 21

2.8 AUTRES RÉCIFS 23

3.0 DISCUSSION 24

3.1 CHOIX DU SITE 24
3.1.1 Conditions physico-chimiques 24
2.1.2 Présence de congénères 25
3.1.3 Dynamique des courants et dynamique du substrat 26
3.1.4 Caractéristiques du substrat 28
3.1.5 Profondeur du site 28
3.1.6 Protection du site 29

3.2 CARACTÉRISTIQUES DU RÉCIF 29
3.2.1 Matériaux 30
3.2.2 Dimensions 30
3.2.3 Arrangement spatial 31
3.2.4 Abris 32
3.2.5 Colonisation du récif 33

3.3. SUIVI DES RÉCIFS 34
3.3.1 Objectifs 34
3.3.2 Variables à mesurer 34
3.3.3 Techniques d'échantillonnage 35
3.3.4 Stratégie et effort d'échantillonnage 36

4.0 CONCLUSION 37

5.0 REMERCIEMENTS 38

6.0 RÉRÉRENCES 38

101-06395/

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Année, endroit et références des sept récifs artificiels présentés dans ce rapport 3

Tableau 2. Longueur de la carapace (LC) moyenne, minimale et maximale des homards capturés sur le récif du détroit de Northumberland de 1965 à 1973 (tiré de Scarratt 1973) 6

Tableau 3. Échelles de recouvrement et d'abondance utilisées pour l'échantillonnage des récifs installés dans la baie de Cascapédia (Québec) 17

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Représentation schématique du récif artificiel pour le homard installé dans le détroit de Northumberland au Nouveau-Brunswick en 1965. (tiré de Scarratt 1968) 4

Figure 2. Représentation schématique des abris (haut) et de l'arrangement spatial (bas) du récif artificiel pour le homard installé dans la baie de Narragansett au Rhode Island en 1972. (tiré de Sheehy 1976) 8

Figure 3. Représentation schématique et arrangement spatial des récifs artificiels pour le homard installés dans la baie de Narragansett au Rhode Island en 1997. (adapté de Castro *et al.* 1998) 11

Figure 4. Représentation schématique et arrangement spatial du récif artificiel pour le homard européen installé dans la baie de Poole en Angleterre. (tiré de Jensen et al. 1994) 12

Figure 5. Représentation schématique des récifs artificiels pour le homard, pour juvéniles (haut) et adultes (bas), installés au large d'Anse-à-Beaufils et de Cap d'Espoir au Québec. (tiré de Belles-Isles 1995) 15

Figure 6. Représentation schématique des récifs artificiels pour le homard installés en 1998 dans la baie de Cascapédia au Québec. (avec la permission du Comité ZIP Baie des Chaleurs, Maria, Québec) 18

Figure 7. Représentation schématique des deux structures construites pour accueillir les postlarves de homard installées dans la baie de Caraquet au Nouveau-Brunswick en 1999. (tiré de Comeau 1999) 22

Figure 8. Photographie d'un « reef ball ». (tiré du site Internet sur les «reefballs») 24

RÉSUMÉ

Paille, N. et L. Gendron. 2001. Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americanus*) : revue des essais et recommandations. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 261: vii + 43 p.

La mise en place de récifs artificiels est de plus en plus considérée comme une option acceptable pour la compensation d'habitats propices au homard qui ont été détruits ou perturbés. La construction de récifs nécessite cependant une bonne connaissance des caractéristiques biologiques et comportementales de l'espèce visée afin de répondre du mieux possible à ses besoins et ainsi favoriser son établissement sur le récif. De plus, une bonne connaissance du milieu récepteur est essentielle au succès des récifs car ultimement, ce sont les conditions qui prévalent dans le milieu qui en détermineront leur efficacité et leur pérennité. Dans ce rapport, sept récifs mis en place au cours des 35 dernières années sont décrits dans le but de faire ressortir les aspects importants à considérer dans le futur pour la conception et la mise en place de récifs artificiels spécifiques au homard. À la lumière de ces exemples, nous présentons une discussion et des recommandations sur les éléments qui devraient être pris en considération dans le choix du site, la construction du récif et pour l'évaluation de la performance du récif, afin de vérifier si les objectifs ont été atteints. La discussion sur le choix du site s'articule autour de six éléments : les conditions physico-chimiques (température, salinité, oxygène, contamination de l'eau et des sédiments), la dynamique des courants à grande et à petite échelles, la dynamique du substrat (érosion et sédimentation), les caractéristiques du substrat, la profondeur du site et la présence de congénères. Les éléments jugés importants pour la construction du récif concernent la nature des matériaux de construction, les dimensions du récif, l'arrangement spatial (déploiement et orientation du récif), le nombre, la forme, les dimensions et l'orientation des abris, ainsi que la colonisation par les autres espèces animales et algales. Au chapitre de l'évaluation de la performance du récif, nous discutons des variables à échantillonner, des techniques et stratégies d'échantillonnage à adopter ainsi que de l'effort d'échantillonnage à déployer, selon le type de récif, des objectifs visés et du degré de précision désiré. Il est certainement possible de créer des récifs artificiels pour le homard qui soient efficaces. Ceux-ci doivent fournir un habitat propice à long terme au homard, adapté aux besoins des stades benthiques successifs. Le succès d'un projet de création de récifs artificiels nécessite une planification responsable et efficace et requière une évaluation scientifiquement rigoureuse de leur performance.

ABSTRACT

Paille, N. et L. Gendron. 2001. Conception et mise en place de récifs artificiels pour le homard (*Homarus americanus*) : revue des essais et recommandations. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 261: vii + 43 p.

There is a growing interest for artificial reefs as they may represent a valid option to compensate for the loss or perturbation of lobster habitats. Building artificial reefs requires however a good knowledge of the biological characteristics and behavior of the target species, to be able to answer its needs and facilitate its establishment on the reef. Moreover a good knowledge of the surrounding environment is essential since the prevailing conditions will ultimately determine the performance and perennity of the reef. In this report, we describe 7 reefs that were built in the last 35 years. The purpose is to highlight the important aspects that should be taken into consideration in the future for the conception and deployment of artificial reefs for lobster. In the light of the examples, we present a discussion and some recommendations on the elements that should be addressed for the choice of the reef site, the building of the reef and for the performance evaluation, to determine if the initial goals were reached. Discussion on the choice of the reef site is based on the following six elements : the physical and chemical conditions on the site (temperature, salinity, oxygen, water and sediment contamination), the dynamics of prevailing water currents at small and large scales, the dynamics of the substrate (erosion and sedimentation), the characteristics of the substrate, the site depth, and the presence of conspecifics. The elements considered important for the conception and building of the reef that are discussed include the type of building material, the dimensions of the reefs and their spatial arrangement, the number, form, dimension and orientation of the shelters on the reef and the colonisation of the reef by other algal and animal species. The discussion on reef performance evaluation focuses on the variables to sample, the sampling techniques and strategies, and the sampling effort, depending on the type of reef, initial goals and the degree of precision required. It is certainly possible to build artificial reefs that are efficient for lobsters. These must provide a long-term suitable habitat adapted to the needs of the successive benthic stages of the lobster. The success of any artificial reef project relies on a responsible and effective planning and requires a scientifically rigorous assessment of reef performance in meeting its goal.

1.0 INTRODUCTION

1.1 PROBLÉMATIQUE

Le homard américain (*Homarus americanus*) est une espèce de crustacés fortement exploitée en raison de sa valeur élevée et d'une forte demande sur le marché. L'intérêt pour ce crustacé a donné lieu à plusieurs études visant à augmenter sa biomasse. À la base, deux hypothèses existent pour expliquer ce qui limite la production des populations de homard. Premièrement, la production pourrait être limitée par l'approvisionnement larvaire. En plus d'une production d'œufs souvent faible dans les populations fortement exploitées (Anonyme 1995), l'approvisionnement larvaire est dépendant des courants et des vents qui peuvent provoquer la dérive des larves planctoniques (Hudon 1994, Miller 1997, Wahle et Incze 1997). Deuxièmement, l'habitat recherché par les jeunes homards pourrait être limitant et le succès de l'établissement benthique des postlarves serait déterminé par des facteurs dépendants de la densité (compétition pour les abris) ainsi que par la prédation (Fogarty et Idoine 1986, Wahle et Steneck 1991). Un manque d'abris naturels à ce stade critique pourrait limiter la distribution des homards dans les aires côtières (Stewart 1970, Cobb 1971). De plus, selon Cobb (1971) et Karnofsky *et al.* (1989a, 1989b) la disponibilité des abris demeure un facteur important peu importe la taille du homard. C'est principalement cette deuxième hypothèse qui a mené à l'implantation de récifs artificiels au Canada, aux États-Unis ainsi qu'en Europe pour le homard européen (*H. gammarus*), afin d'augmenter la disponibilité d'habitats propices à l'établissement des homards et au maintien de leur population en un site donné.

D'autre part, au Canada, la Loi sur les pêches a été créée pour la protection du poisson et de son habitat afin de maintenir la capacité de production des habitats. Cette loi envisage une compensation d'habitat lorsque les impacts résiduels d'un projet sur la capacité de production de l'habitat sont encore considérés comme négatifs après la prise de mesures de relocalisation, de modification ou d'atténuation. En général, il s'agit de remplacer la capacité de production de l'habitat qui a subi une destruction, une détérioration ou une perturbation, par la création d'un nouvel habitat ou par l'amélioration de la capacité de production d'un autre habitat naturel (MPO 1998). À cet égard, la mise en place de récifs artificiels apparaît aux yeux de plusieurs comme une option envisageable pour la compensation d'habitats de homard détruits ou perturbés. Cependant, avant d'entreprendre la construction d'un récif artificiel, il est important de bien connaître les caractéristiques biologiques et comportementales de l'espèce visée afin de répondre du mieux possible à ses besoins pour favoriser son établissement sur le récif et ainsi atteindre l'objectif de remplacement de l'habitat détruit ou perturbé.

1.2 CYCLE VITAL DU HOMARD

Le cycle vital du homard américain comprend deux phases : une phase planctonique et une phase benthique. La phase planctonique dure entre 10 jours et deux mois dépendant de la température de l'eau (Aiken et Waddy 1986). Elle comprend trois stades larvaires qui suivent l'éclosion des œufs qui a lieu de juillet à septembre dans les eaux côtières peu profondes. La phase planctonique se termine avec le quatrième stade

que l'on appelle postlarve qui assure la transition benthique (Scarratt 1973a, Aiken et Waddy 1986). À ce stade, les postlarves recherchent activement un substrat propice à leur établissement en effectuant plusieurs descentes sur le fond (Cobb *et al.* 1983). Ce substrat doit offrir de la nourriture ainsi que des abris sombres offrant une protection contre la lumière (Cobb 1971, Botero et Atema 1982), les prédateurs (Hudon 1987), les courants de marée et l'impact des vagues (Johns et Mann 1987, Boudreau *et al.* 1990). L'absence d'un tel substrat peut retarder l'établissement des postlarves sur le fond (Botero et Atema 1982). Généralement, les postlarves affectionnent les fonds mixtes de sable et de galets qui offrent une grande quantité d'abris et de nourriture (Cooper et Uzmann 1980, Hudon 1987). Les premiers stades benthiques, que l'on appelle communément juvéniles, passent par trois phases : une phase cryptique (4 à 11 mm, longueur de céphalothorax, LC), une phase émergente (11 à 27 mm LC) et une phase vagile (27 mm à 40-46 mm LC) (Lawton et Lavalli 1995). Les juvéniles habitent en général dans les crevasses et les trous localisés dans un amas de roches couvertes d'algues ou dans un terrier creusé sous une roche ou des algues (Karnofsky *et al.* 1989a et b). Selon Karnofsky *et al.* (1989a) les homards sont généralement résidents et la plupart (principalement les petits) hivernent sur le site d'établissement. Les juvéniles ne changeraient pas d'abri sauf si la nourriture venait à manquer ou si l'abri devenait trop petit. Les homards récemment établis sur le fond se nourriraient à l'aide de particules en suspension ou par capture de proies benthiques à l'entrée de l'abri (Cooper et Uzmann 1980, Lavalli et Barshaw 1989, Lawton et Lavalli 1995) tels des polychètes errants, des amphipodes gammaridiens, des petits crabes communs (*Cancer irroratus*) et des mollusques bivalves (Sainte-Marie et Chabot 2001). En ce qui concerne les caractéristiques de l'abri, Cobb (1971) mentionne que l'abri recherché devrait être plus large que haut tandis que Cooper et Uzmann (1980) pensent que le homard cherche à être en contact avec les parois et le plafond de son abri (« thigmotactisme »). Boudreau *et al.* (1990), quant à eux, suggèrent qu'il n'y aurait aucune préférence quant à la largeur et la hauteur de l'abri. Cependant l'obscurité de l'abri est un facteur très important relié au comportement de phototactisme négatif acquis par le homard lors de son passage à la vie benthique.

Les homards adolescents (40-46 mm à 52 mm LC) et adultes (> 52 mm LC) habitent principalement les fonds rocheux. La disponibilité des abris, leur forme ainsi que l'hétérogénéité du milieu déterminent en partie l'abondance et la structure des populations que l'on peut retrouver dans un milieu donné (Cobb 1971). Les cavités entre les pierres et blocs permettent aux homards de se mettre à l'abri des prédateurs et du brassage turbulent. La présence de laminaires a un effet positif sur les populations locales de homards. Les homards s'y concentrent en raison de l'abri qu'elles offrent. Ils habitent principalement en périphérie des laminaires, ce qui leur permet d'être vigilants par rapport aux prédateurs et autres espèces, tout en se maintenant à l'abri (Bologna et Steneck 1993). La dépendance à un abri diminue après la phase juvénile. En dehors des périodes de mue et de reproduction, la nécessité d'occuper un abri apparaît moins essentielle (Lawton et Lavalli 1995). Les gros individus seraient plus souvent en transit et moins permanents sur un site (Karnofsky *et al.* 1989b).

1.3 OBJECTIFS

On retrouve des récifs à homards à plusieurs endroits au Canada et aux États-Unis. Au Canada, au cours de 35 dernières années, au moins 10 essais d'implantation de récifs à homards ont été réalisés : trois se trouvent au Québec (en Gaspésie) : un premier se trouve à Anse-à-Beaufils, un second dans la baie de Cascapédia et un troisième à Newport. Trois récifs ont été installés au Nouveau-Brunswick : un dans le détroit de Northumberland, un à Caraquet et un dernier à Belledune. Trois autres se trouvent à l'Île-du-Prince-Edouard : à Ahmerst Cove, Rice Point et Souris. Un dernier se trouve à Terre-Neuve. Aux États-Unis, plusieurs récifs ont été conçus dont deux spécifiquement pour le homard dans la baie de Narragansett située dans l'état du Rhode Island. Le premier se trouve à Point Judith et le second à Dutch Harbor. En général, tous ces récifs ont été installés dans le but de favoriser le développement de populations de homard américain sur des sites où ils sont habituellement absents ou en faible nombre. Il existe aussi des essais d'implantation de récifs en Europe destinés au homard européen. Parmi ceux-ci, un des plus intéressants se trouve en Angleterre dans la Baie de Poole. Les résultats obtenus lors de cette expérience peuvent s'appliquer notamment au homard américain. Les deux espèces ont en effet un cycle de vie et des exigences similaires (Cooper et Uzmann 1980, Cobb et Wahle 1994).

Le but de ce rapport est de déterminer, à la lumière des essais qui ont été réalisés dans le passé, les éléments importants à considérer dans le futur pour la conception et la mise en place de récifs artificiels pour le homard. Parmi les essais mentionnés ci-haut, sept d'entre eux sont décrits de façon détaillée (Tableau 1) afin de faire ressortir les éléments qui ont pu mener à leur succès ou à leur échec. Les descriptions qui suivent reflètent les informations qui étaient disponibles dans les références et peuvent donc varier d'un cas à l'autre.

Tableau 1. Année, endroit et références des sept récifs artificiels présentés dans ce rapport.

	Année	Site	Références
1	1965-1973	Détroit de Northumberland (Nouveau Brunswick)	Scarratt 1968 et 1973b
2	1972-1974	Baie de Narragansett – Point Judith (Rhode Island, Etats-Unis)	Sheehy 1976
5	1996-1998	Baie de Narragansett – Dutch Harbor (Rhode Island, Etats-Unis)	Castro *et al.* 1998 Cobb *et al.* 1998
3	1989-1992	Baie de Poole (Angleterre)	Jensen *et al.* 1994 et 1998
4	1992-1994	Anse-à-Beaufils et Cap d'Espoir (Québec)	Belles-Isles 1995
6	1998-2000	Baie de Cascapédia (Québec)	Bernard et Chouinard 1997
7	1998- en cours	Caraquet/Val Comeau (Nouveau-Brunswick)	Comeau 1999

2.0 REVUE DES ESSAIS DE MISE EN PLACE DE RÉCIFS ARTIFICIELS POUR LE HOMARD AMÉRICAIN ET EUROPÉEN

2.1 DÉTROIT DE NORTHUMBERLAND, NOUVEAU-BRUNSWICK (1965-1973)

2.1.1 Description

En juillet 1965, un récif composé de 1500 m³ de pierres en grès provenant d'une carrière est déposé dans le détroit de Northumberland (Nouveau-Brunswick) à 17 m de profondeur. Les pierres utilisées ont une épaisseur d'au moins 15 cm et un diamètre de 5 à 100 cm. Le récif se trouve sur un substrat composé de moraines de tailles variables avec du sable dur à une extrémité et un mélange de sable et de gravier grossier à l'autre extrémité. Il couvre une surface 2740 m². Il s'agit d'un récif irrégulier mesurant environ 100 m de long par 50 m de large (Figure 1). Le site est caractérisé par des courants pouvant atteindre au maximum un nœud (50 cm/sec) et des températures variant de 0 à 15°C. Ce site n'abrite aucun homard et la principale concentration de homards se retrouve à 2-2,5 km malgré un fond rocheux naturel propice pour le homard présent à 400 m du récif. L'orientation (est-ouest) du récif est perpendiculaire au courant de marée et l'amplitude de la marée est de 1 m. Il y a une pêche commerciale au homard à proximité des récifs mais elle est considérée comme ayant un effet mineur voire nul sur les populations du récif.

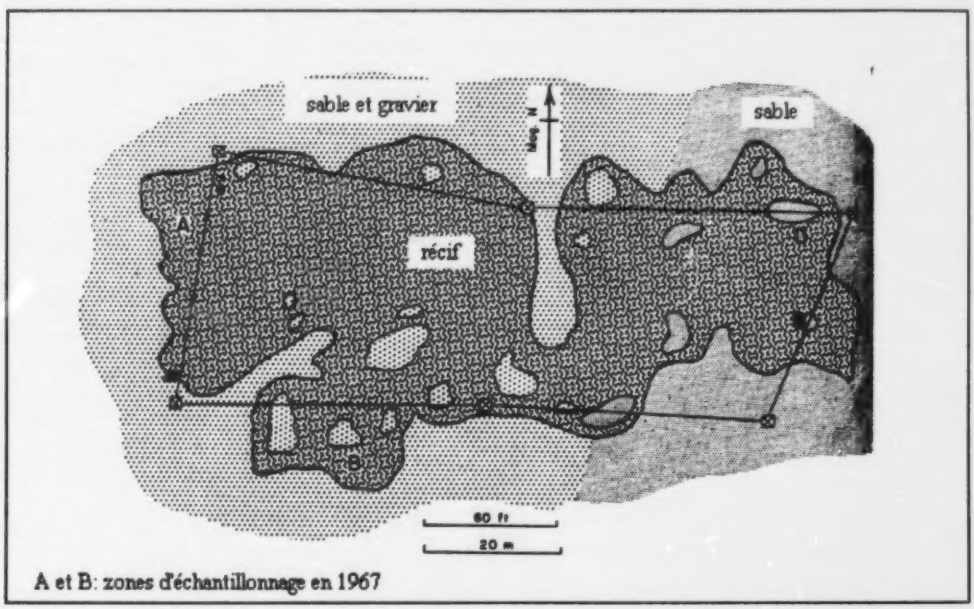


Figure 1. Représentation schématique du récif artificiel pour le homard installé dans le détroit de Northumberland au Nouveau-Brunswick en 1965. (tiré de Scarratt 1968)

2.1.2 Échantillonnage

Entre 1965 et 1967 inclusivement, de mai à octobre, le récif est examiné en plongée sous-marine, dans le but d'évaluer la colonisation et le nombre de homards l'habitant. Un examen superficiel du récif est d'abord effectué suivi d'un examen détaillé où chaque roche, chaque terrier est examiné. Rien n'est enlevé du récif et chaque pierre déplacée est remise minutieusement à sa place afin d'interférer le moins possible dans le développement naturel du récif. Les homards capturés sont mesurés, sexés et parfois marqués sous l'eau puis remis dans leur terrier. En 1967, étant donné l'accroissement de la population de homards, l'examen détaillé ne se fait plus que sur deux sections du récif délimitées et mesurées préalablement (sections A et B, Figure 1).

À titre de comparaison, les populations de homard d'une aire rocheuse située entre le récif et la côte sont aussi systématiquement inspectées. Les plongeurs recueillent, pèsent et mesurent tous les homards sur une aire rectangulaire entourée temporairement d'un filet de nylon. Ce quadrat est fait 4 fois pour une aire totale d'échantillonnage de 83,6 m^2.

À partir de 1968, l'objectif est d'échantillonner le récif au complet, par secteurs de 10 m^2, puis à compter de 1969 et jusqu'en 1973, le long de bandes de 2 à 3 mètres de large parallèles au plus petit axe du récif.

2.1.3 Résultats

En 1965, les homards observés sont considérés comme des individus en transit car la colonisation du récif n'est pas assez avancée pour fournir la nourriture nécessaire à leur survie. Au printemps 1966 un seul homard est observé suggérant que très peu d'individus ont passé l'hiver 1965-1966 sur le récif. Un plus grand nombre de homards hivernent sur le récif durant l'hiver 1966-1967. Les homards observés mesurent entre 41 et 153 mm LC. Aucun homard assez petit pour être considéré nouvellement déposé sur le fond n'est observé. Le récif a donc été colonisé par la migration d'individus adultes.

Les observations réalisées entre 1968 et 1973 montrent un accroissement important de la population de homards établie sur le récif. Elle atteint plus de 400 homards en 1971, ce qui correspond à une densité d'environ 15 homards/100m^2. De plus, une diminution de la taille moyenne des homards capturés est notée avec le temps (de 61,5 mm LC en 1965 à 41,5 mm LC en 1973) pour atteindre une valeur semblable à celle retrouvée sur les fonds rocheux côtiers avoisinants (40-42 mm LC) (Tableau 2). Il y a une déposition de postlarves sur le récif et tous les stades subséquents y sont observés. Ce type de récif peut supporter une densité égale ou supérieure (16 homards/100m^2) à celle retrouvée sur les fonds naturels propices aux homards (11 homards/100 m^2) échantillonnés dans cette étude. Au niveau de l'ensablement, seule l'extrémité du récif déposée sur le sable s'est ensablée ou affaissée après six années. Cependant, le récif n'est pas retrouvé en 2000. Il est possible qu'il soit complètement ensablé, bien que l'on n'écarte pas la possibilité que les coordonnées de l'emplacement du récif n'étaient pas exactes (Andrea Locke, MPO, Moncton, Nouveau-Brunswick, comm. pers.).

Tableau 2. Longueur de la carapace (LC) moyenne, minimale et maximale des homards capturés sur le récif du détroit de Northumberland de 1965 à 1973. (tiré de Scarratt 1973)

Année	LC moyenne (mm)	LC minimale et maximale (mm)
1965	61,5	45-77
1966	62,0	41-92
1968	56,5	28-80
1969	57,5	10-80
1971	40,5	11-83
1973	41,5	14-74

2.1.4 Colonisation par les autres espèces

Au départ, en 1965, le site n'abrite que quelques dollars de sable (*Echinarachnius parma*), pétoncles (*Placopecten magellanicus*) et poissons dont certains chaboisseaux (*Myoxocephalus* sp.). Sept semaines après la mise en place du récif, des étoiles de mer (*Asterias vulgaris*), des oursins verts (*Strongylocentrotus droebachiensis*) et des petites touffes d'algues, de bryozoaires et d'hydrozoaires font leur apparition. En octobre 1965, quelques tanches (*Tautogolabrus adspersus*), chaboisseaux et loquettes d'Amérique (*Macrozoarces americanus*), des crabes communs et un hémitriptère (*Hemitripterus americanus*) sont aperçus. En mai 1966, il y a un bon développement de la faune et la faune mobile est similaire à celle observée en octobre 1965. Une morue (*Gadus morhua*) est aussi observée. En 1967, le développement de la faune sessile est considérable. Les colonies d'hydrozoaires sont remplacées par des polyzoaires. On note plusieurs éponges et tuniciés ainsi que 2 ou 3 *Henricia sanguinolenta*. Les étoiles de mer, chaboisseaux et loquettes sont beaucoup plus nombreuses.

2.2 Baie de Narragansett, Rhode Island (1972-1974)

2.2.1 Description

En septembre 1972 des récifs à homards sont installés sur deux sites localisés dans la baie de Narragansett. Le premier site, situé à une profondeur de 6,5 m, est caractérisé par un substrat de sable fin et dénué de homard. Il est situé à la pointe est de Point Judith Harbor of Refuge. Le site le plus proche supportant des populations de homards se trouve à 600 m. Le site est aussi caractérisé par des vagues et des courants perpendiculaires l'un à l'autre. Le second site est situé à 5,6 m de profondeur dans l'entrée du chenal à Salt Pond et est caractérisé par de forts courants de marée (2,5 nœuds) mais sans action significative des vagues. Sur ce site, le substrat est composé de sable grossier et d'une grande quantité de fragments de coquillage. Il y a quelques homards résidants mais en général leurs terriers sont confinés sur les bords du chenal où

il y a de la végétation et des sédiments fins. Dans le chenal, la température minimale et maximale enregistrée au cours de l'expérience est de 2,0 et de 21,1°C.

Les récifs sont composés de blocs en ciment de pierre ponce. Deux types d'abris sont conçus à partir de ces blocs : le premier type représente une seule grande chambre (32,5 cm de large × 39 cm de long × 10,5 cm de haut) et le second est composé de trois chambres séparées ayant la forme d'un demi-cylindre (35,5 cm de long, 11 cm de large et 14 cm de haut) (Figure 2). Le choix d'un profil bas pour les abris a été fait d'après les observations en nature de Cobb (1971).

Une approche expérimentale est prise dans ce projet et la première expérience a pour but de mesurer les effets de la distance entre les abris et de leur orientation par rapport aux courants dominants et à l'action des vagues. Des abris à chambre unique sont déposés en matrices de 7 lignes et 7 colonnes sur le premier site. Ces matrices sont ensuite installées sur deux axes formant un L. Chaque axe est composé de 4 matrices où les abris sont espacés respectivement de 30 cm, 61 cm, 122 cm et 244 cm (Figure 2). Un des deux axes est parallèle au courant de fond et perpendiculaire à la direction des vagues. L'ouverture des abris est orientée dans le courant (le courant passe dans l'abri). L'autre axe est perpendiculaire au courant de fond et parallèle à la direction des vagues. L'ouverture des abris est orientée dans la direction des vagues et, par conséquent, le courant de fond ne passe pas dans l'abri.

La seconde expérience a lieu dans le chenal de Salt Pond afin d'évaluer l'occupation des homards dans des abris à chambre unique et à 3 chambres. Une matrice composée d'abris à chambre unique et une autre composée d'abris à 3 chambres sont déposées sur le fond. Pour cette expérience, les abris sont placés à 244 cm d'intervalle dans les deux matrices (7x7), suite aux résultats obtenus lors de la première expérience.

2.2.2 Échantillonnage

Des plongeurs dénombrent et estiment la taille des homards par un examen visuel. Une échelle relative de taille est utilisée afin de ne pas manipuler les homards et influencer leur établissement sur le récif. Les homards sont classés selon leur longueur totale (petit : <7,5 cm; moyen : 7,5 à 15,0 cm; gros : >15,0 cm). Dans la première expérience, 80% des abris dont l'ouverture était orientée dans le courant ont été retournés et rendus ainsi non fonctionnels. En s'engouffrant dans l'abri le courant l'a soulevé et retourné. C'est pourquoi, seules les matrices du bras orienté dans la direction des vagues (le courant ne passe pas dans les abris) ont été échantillonnées. Les matrices sont visitées en novembre 1972 pour un échantillonnage complet. En décembre 1972, janvier 1973 et septembre 1973, 6 abris sont choisis aléatoirement dans chacune des 4 matrices du bras échantillonné.

Dans la deuxième expérience, la matrice composée d'abris à chambre unique est échantillonnée complètement 3 fois par mois en novembre et décembre 1972 pour déterminer la rapidité d'occupation des abris. Par la suite, l'échantillonnage est fait environ une fois par mois de janvier 1973 à février 1974. Un échantillonnage partiel de la

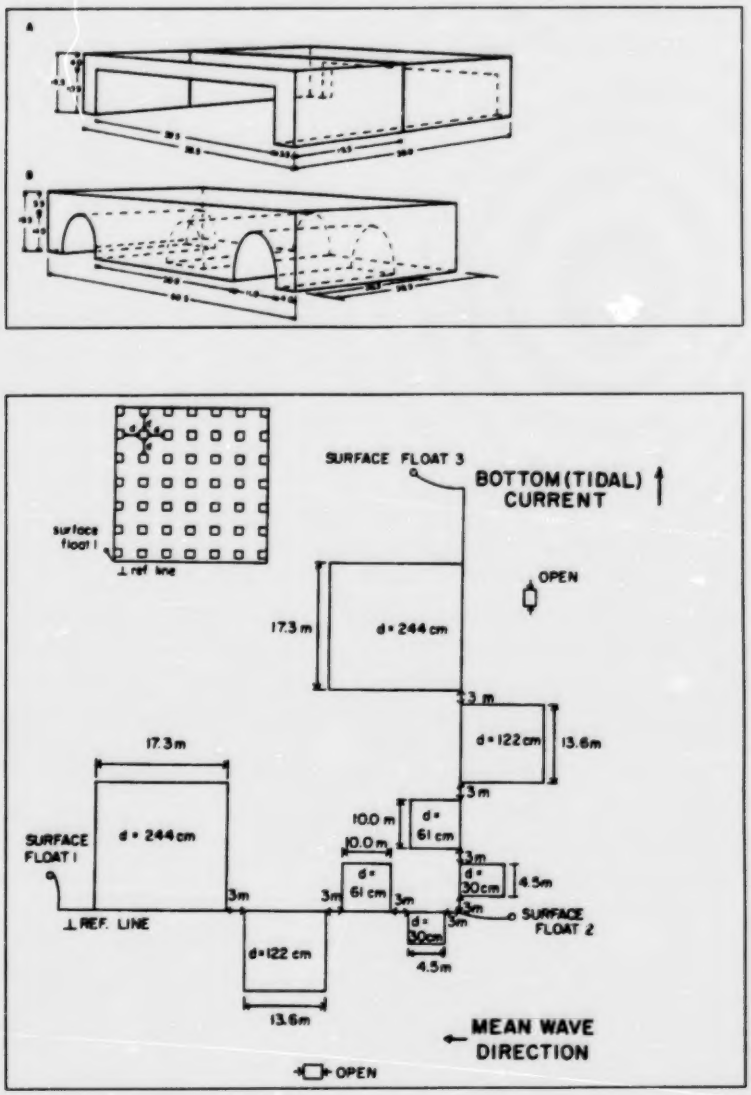


Figure 2. Représentation schématique des abris (haut) et de l'arrangement spatial (bas) du récif artificiel pour le homard installé dans la baie de Narragansett au Rhode Island en 1972. (tiré de Sheehy 1976)

matrice est fait en mars et juillet 1974. L'échantillonnage est semblable pour la matrice d'abris à trois chambres sauf qu'il n'y a pas d'échantillonnage en novembre 1972. Un prélèvement d'individus a lieu en 1975 pour obtenir une biomasse estimée des populations de homards occupant les deux matrices. Les abris sont visités aléatoirement jusqu'à ce qu'une quarantaine de homards par matrice soit récoltée.

2.2.3 Résultats

En plus des abris retournés par l'action des vagues, un autre problème d'ordre physique est mentionné dans cette expérience. En effet, lorsque les abris sont distancés de 30 cm et 61 cm, le niveau du substrat au centre de la matrice est 5 à 13 cm plus bas que sur les bords. Cette situation rend les abris non fonctionnels. L'effet combiné des vagues et des courants sur le substrat serait responsable de cette situation. La présence des abris et la distance entre ces derniers modifie la vélocité locale autour de l'abri. Cette vélocité serait plus élevée que la vélocité moyenne du courant et causerait un plus grand transport de sédiments, donc de l'érosion. De plus, la majeure partie des abris orientés pour que le courant ne passe pas dans l'abri se sont enfoncés dans les sédiments. A la fin des observations, le toit de l'abri se trouvait entre 4 et 8 cm au-dessus du substrat.

Malgré tout, plusieurs observations sont effectuées. Des observations en hiver démontrent que les homards continuent d'occuper les abris durant cette saison et que les abris sont encore utilisés par les homards un an après leur installation. En septembre 1973, des femelles œuvées et des postlarves nouvellement déposées sont observées sur le récif. Les abris à chambre unique ont un taux d'occupation multiple qui augmente à chaque année d'observation. La distribution de taille des homards est hautement reliée à l'espace entre les abris et la position qu'occupe l'abri dans la matrice (périmètre ou centre). Ainsi, les plus gros homards sont plus fréquemment observés dans les abris distancés de 244 cm.

L'abondance de homards varie en fonction de l'espace entre les abris et du nombre de chambres par abri. La matrice d'abris à 3 chambres supporte une plus grande biomasse de homards que la matrice d'abris à une seule chambre. La taille des homards de chacun des différents types d'abris ne diffère toutefois pas significativement. Des densités plus élevées sont observées aussi quand les abris à chambre unique ne sont espacés que de 30 et 61 cm, comparativement à 122 cm et 244 cm. De façon générale, les densités observées sont comparables à celles obtenues par Scarratt (1968, 1973b). Cette étude confirme également qu'une biomasse relativement élevée, égale et même supérieure à celle des habitats naturels avoisinants peut être observée sur un récif artificiel. La colonisation rapide des abris par les homards est attribuée à la proximité des populations résidentes. L'occupation semble s'être stabilisée après neuf mois.

2.2.4 Colonisation par les autres espèces

D'autres espèces occupent les abris. On retrouve le crabe commun, le crabe nordique (*C. borealis*), des tanches, un représentant des Batrachoïdidés *(Opsanus tau)* et des chaboisseaux. D'autres organismes comme la moule bleue (*Mytilus edulis*), l'étoile

de mer, et des algues des genres *Laminaria, Chondrus, et Fucus*, ainsi que des Bryozoaires et des Hydrozoaires colonisent les abris et certains d'entre eux ont une croissance luxuriante. En 1975, la colonisation est si importante qu'on peut à peine reconnaître le récif comme étant un ajout artificiel à l'environnement. La grande quantité d'organismes (sessiles et mobiles) que l'on trouve sur les récifs offrent un couvert additionnel et servent de nourriture pour le homard.

2.3 Baie de Narragansett, Rhode Island (1996-1998)

2.3.1 Description

En février 1997, 6 récifs sont installés à Dutch Harbor dans la Baie de Narragansett à 5 m de profondeur sur un fond de sable et de vase. Il s'agit d'amoncellements de cailloux provenant d'une carrière. Les récifs mesurent 10 × 20 m et sont tous divisés en deux parties égales : la première moitié (10 × 10 m) est composée de cailloux d'un diamètre de 10 à 20 cm et la seconde moitié est composée de cailloux ayant un diamètre de 20 à 40 cm. Les deux moitiés ont respectivement 25 et 50 cm de hauteur (Figure 3). Les récifs sont placés l'un à la suite de l'autre et une distance de 30 mètres les sépare. Deux sites naturels servent de contrôle : un fond de sable et de vase à côté du récif et un fond rocheux à Dutch Island.

2.3.2 Échantillonnage

L'approche BACI («Before-After-Control-Impact») (Underwood 1992) est utilisée ici pour l'échantillonnage des récifs. L'échantillonnage est effectué deux fois avant la mise en place des récifs et ensuite aux 2-3 mois après leur installation (printemps, été, automne). L'échantillonnage est aussi réalisé sur un site rocheux adjacent ainsi que sur les substrats vaseux autour des récifs. Soixante quadrats de 1 m^2 sont échantillonnés sur les récifs (5 quadrats au hasard sur chacune des moitiés). Soixante autres quadrats semblables sont réalisés sur un site naturel rocheux à Dutch Island. Soixante quadrats circulaires de 2 m de rayon sont utilisés pour échantillonner le substrat de sable et de vase meuble autour des récifs.

Les homards sont comptés et si possible capturés, sexés et mesurés. Sinon, la taille est évaluée à l'aide d'une échelle relative de taille : petit (<25 mm LC), moyen (26-60 mm LC) et gros (>60 mm LC). Un casier à homards est placé sur chaque récif. Les casiers sont relevés une fois par semaine d'avril à novembre 1997 et 1998. Six autres casiers sont placés sur chacun des sites contrôle en 1997. En 1998 seul le site de Dutch Island est échantillonné à l'aide de casiers. Tous les homards capturés ont été mesurés, sexés, identifiés puis relâchés sur le lieu de capture. Des photos de quadrats, du marquage et de la recapture sont également utilisés pour l'évaluation.

Par ailleurs, pour dénombrer les postlarves nouvellement déposées sur la moitié du récif composée de petits cailloux, un quadrat de 0,56 m^2, échantillonné à l'aide d'un aspirateur, est utilisé. Le quadrat est entouré d'un filet de 45 cm de haut avec un maillage de 2 mm. Trente quadrats de ce type sont échantillonnés sur chacun des sites avant la

mise en place des récifs. Par la suite, 10 quadrats par récif en 1997 et 5 quadrats par récif en 1998 sont échantillonnés sur la moitié composée de petits cailloux.

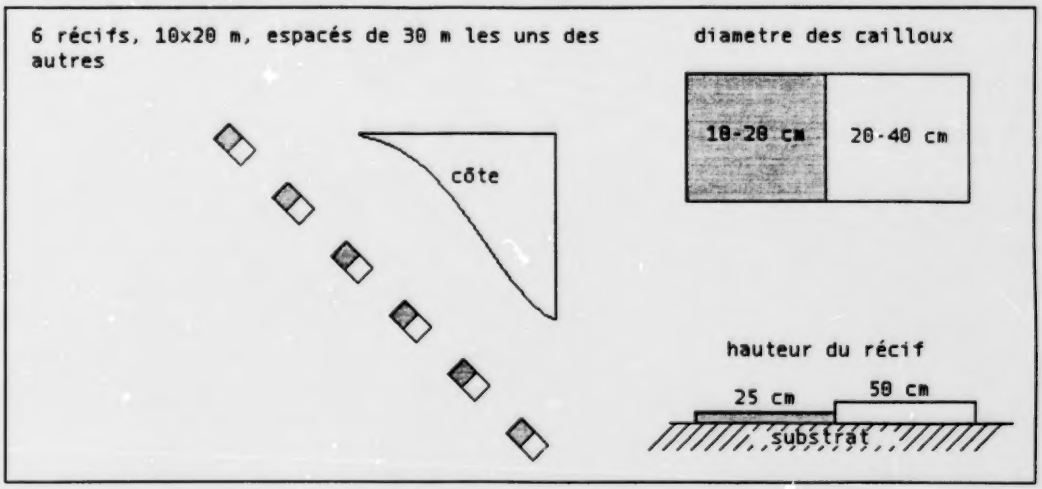


Figure 3. Représentation schématique et arrangement spatial des récifs artificiels pour le homard installés dans la baie de Narragansett au Rhode Island en 1997. (adapté de Castro *et al.* 1998).

2.3.3 Résultats

Au départ, les changements sont dus à la migration des homards provenant des autres sites. Par la suite, le phénomène de déposition et de recrutement sur les récifs est clairement documenté. Le recrutement sur les récifs est significativement plus élevé que sur les deux sites témoins et il est comparable au plus haut recrutement trouvé dans les sites côtiers ouverts. Entre cinq à neuf mois après l'installation des récifs, on y retrouve des densités de 51 à 58 homards/ 100m^2, comparativement à 39 à 82 homards/100 m^2 sur les sites rocheux naturels. La recapture d'individus marqués a permis de constater que les homards restent sur le site et que plusieurs d'entre eux (mâles surtout) ont mué.

2.3.4 Colonisation par les autres espèces

Des balanes ont vite colonisé les roches et le récif est rapidement couvert par une algue brune filamenteuse (*Ectocarpus siliculosus*). Après six mois, une bonne diversité d'algues rouges et brunes est présente et le dessous des roches est colonisé par des ascidies. Avant la mise en place du récif, le milieu était dominé par le crabe araignée (*Libinia* sp.) et abritait quelques homards. Après sa mise en place, le récif est devenu un milieu dominé par le homard sans crabe araignée. La tanche tautogue est l'espèce de poisson dominante.

2.4 Baie de Poole, Angleterre (1989-1992), (*Homarus gammarus*)

2.4.1 Description

En 1989, un récif artificiel composé de huit amoncellements de blocs de cendres de charbon pulvérisé et stabilisées (20 cm × 20 cm × 40 cm) provenant d'une centrale thermique sont installés dans la baie de Poole sur la côte sud de l'Angleterre. Les amoncellements (1 m de haut x 4 m de large) sont distribués sur deux rangées et une distance de 5 m environ les sépare les uns des autres. Le récif couvre ainsi une aire de 300 m² (Figure 4). Il est installé sur un fond plat et sableux à 10 m de profondeur et à 3 km du premier substrat rocheux abritant des populations de homards.

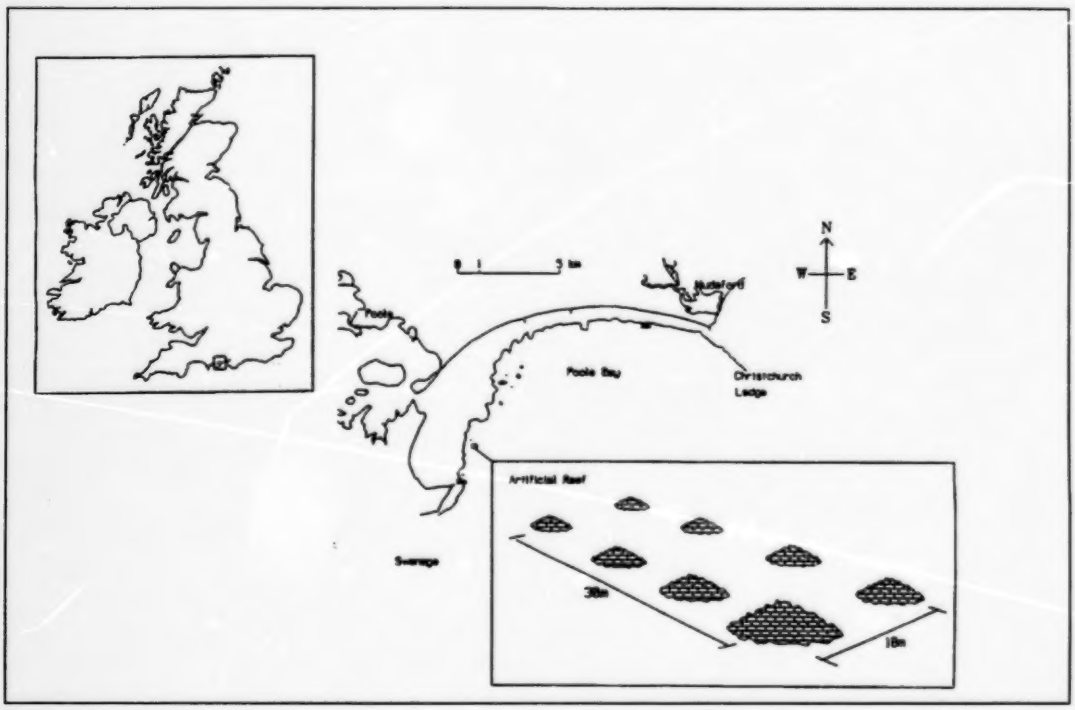


Figure 4. Représentation schématique et arrangement spatial du récif artificiel pour le homard européen installé dans la baie de Poole en Angleterre. (tiré de Jensen *et al.* 1994)

2.4.2 Échantillonnage

Les homards sont capturés à l'aide de casiers. Les casiers sont placés à côté de chaque amoncellement et sont appâtés régulièrement pendant toute la saison d'échantillonnage, de mai à octobre. Les casiers sont accessibles uniquement aux plongeurs. Les homards capturés sont mesurés et marqués pour être identifiables individuellement par la suite. Les homards capturés sont ensuite relâchés sur l'amoncellement de blocs où ils ont été capturés. D'autres casiers sont placés à 10 et 20 m des récifs.

2.4.3 Résultats

Certains homards ont habité le récif pendant plus de 700 jours dont un plus 1050 jours, ce qui démontre l'efficacité du récif pour un établissement à long terme. Plusieurs femelles œuvées ont été observées sur le récif et certaines d'entre elles ont libéré leurs larves durant leur séjour. Ces résidences à long terme prouvent que le récif et le fond sablonneux qui l'entoure procure assez d'abris et de nourriture pour les homards. Une vaste gamme de tailles de homards juvéniles et adultes est observée sur ce récif et il est probable qu'un recrutement a eu lieu puisqu'un individu de 27 mm de LC a été capturé. De plus, des postlarves sont capturées dans la colonne d'eau au-dessus du récif. Ce type de récif procure également plus d'abris pour les gros homards (>90 mm LC) que les substrats rocheux naturels et pourrait agir comme sanctuaire pour les gros homards reproducteurs dans une aire pêchée intensivement.

2.5 Anse-à-Beaufils, Gaspésie, Québec (1992-1994)

2.5.1 Description

En novembre 1992, des récifs sont placés sur un site près du havre d'Anse-à-Beaufils et sur deux sites au nord-est de Cap d'Espoir en Gaspésie (Québec). Les sites sont caractérisés par des températures de surface qui varient autour de –1°C en hiver et 15°C en été et une thermocline estivale qui se situe entre 20 et 50 m de profondeur. La salinité oscille entre 27 et 31‰. Le substrat du site à Anse-à-Beaufils est composé de roche-mère nue tandis que le substrat des deux sites à Cap d'Espoir est composé de sable. La profondeur de ces trois sites est de 10 à 12 m. Ces sites présentent une pauvreté en terme d'abondance de homard. Il existe cependant des fonds propices au homard dans la zone d'étude. Selon les cartes du rapport, ces fonds sont situés approximativement entre 1 km et 1,6 km des récifs.

Deux types de récif sont créés : un premier pour favoriser les homards juvéniles et un second pour favoriser les homards adultes (Figure 5). Le récif pour juvéniles est un amoncellement de roches de carrière grossières et anguleuses dont le diamètre se situe entre 5 et 50 cm. Deux récifs, distancés de 100 m environ, sont placés sur chacun des deux sites de Cap d'Espoir et trois autres sont placés sur le site d'Anse-à-Beaufils. Ils ont une hauteur allant de quelques centimètres sur les bords à 80-100 cm au centre et chacun d'eux couvre près de 80 m². Le récif pour adultes est un assemblage de 6 unités faites de pneus hors d'usage ancrés pêle-mêle dans une base de béton. Les unités mesurent 1,2 m × 2,5 m × 0,7 m de hauteur et le récif couvre une surface d'environ 20 m². Deux récifs pour adultes sont déposés sur le site d'Anse-à-Beaufils à côté des récifs pour juvéniles. Les deux récifs pour adultes sont juxtaposés pour des raisons de logistique.

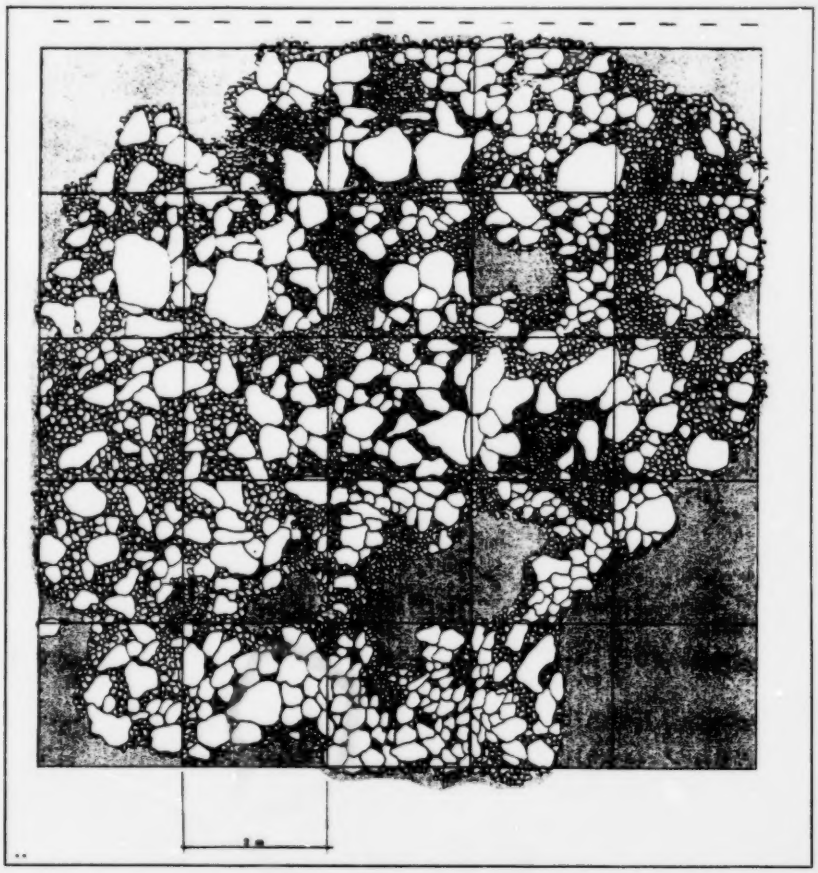
2.5.2 Échantillonnage

En 1993 et 1994, deux campagnes d'échantillonnage ont lieu : une première en été après la fermeture de la pêche au homard et avant la déposition des larves (juillet-août 1993 et juin-juillet 1994) et une deuxième à l'automne (octobre 1993 et septembre 1994) après la déposition présumée des postlarves. Un dénombrement de homards est effectué sur les récifs ainsi que sur des substrats naturels de roche-mère nue, de sable et de roches situés à proximité des récifs. Les homards capturés sont sexés, mesurés (LC) et pesés. Trois techniques d'échantillonnage sont utilisées. Pour les substrats sablonneux et de roche-mère nue, des transects de 100 m sont utilisés. L'échantillonnage est effectué par deux plongeurs sur une largeur d'un mètre de chaque côté de la corde du transect. Des quadrats de 8 m^2 à l'intérieur desquels tous les organismes sont prélevés sont utilisés sur les fonds rocheux naturels et les récifs pour juvéniles. L'échantillonnage intégral est, quant à lui, utilisé sur le récif pour homards adultes et consiste à capturer tous les homards de chaque unité.

2.5.3 Résultats

Les résultats combinés des trois sites montrent que les récifs pour juvéniles ont une structure de population et des abondances de homards (46 homards/100m^2) semblables à celles retrouvées sur le substrat rocheux naturel (25-42 homards/100m^2). Cependant, l'efficacité des récifs pour la déposition des larves n'est pas concluante puisque aucun homard de moins de 30 mm LC n'est trouvé sur le récif. Il existe deux explications possibles à ce résultat : la technique d'échantillonnage n'est pas adéquate pour les homards de cette taille ou bien, aucune déposition de larves n'a eu lieu sur le récif au cours de la période d'observation. Cependant, des plongeurs ont observé des petits homards au pied du rocher Percé ce qui indique qu'il y a eu déposition de larves dans la région. D'un autre côté, le récif pour juvéniles est, au point de vue du concept, semblable à celui du détroit de Northumberland (Scarratt 1968, 1973b). Or ce récif n'a pas montré de recrutement avant trois ans d'observations. Peut-être qu'à plus long terme, le récif pour juvéniles aurait pu atteindre son objectif mais le suivi n'a pas été poursuivi au-delà de 1994.

Le récif pour adultes a, quant à lui, livré de gros homards (LC moyenne de 77 mm) mais avec de très faibles effectifs. Chaque année, entre 5 et 10 unités sont échantillonnées et un total de 0 à 7 homards sont dénombrés chaque année sur l'ensemble des unités observées. La taille moyenne des homards sur ce récif est plus élevée que celle retrouvée sur le substrat initial démontrant qu'il est bien adapté aux homards adultes. Les récifs pour adultes sur la roche-mère se sont déplacés de quelques mètres voire quelques dizaines de mètres d'une année à l'autre. L'effet des glaces et des tempêtes serait responsable de cette situation. Les récifs pour juvéniles n'ont pas été retrouvés en 2000. Il est possible qu'ils se soient complètement ensablés.



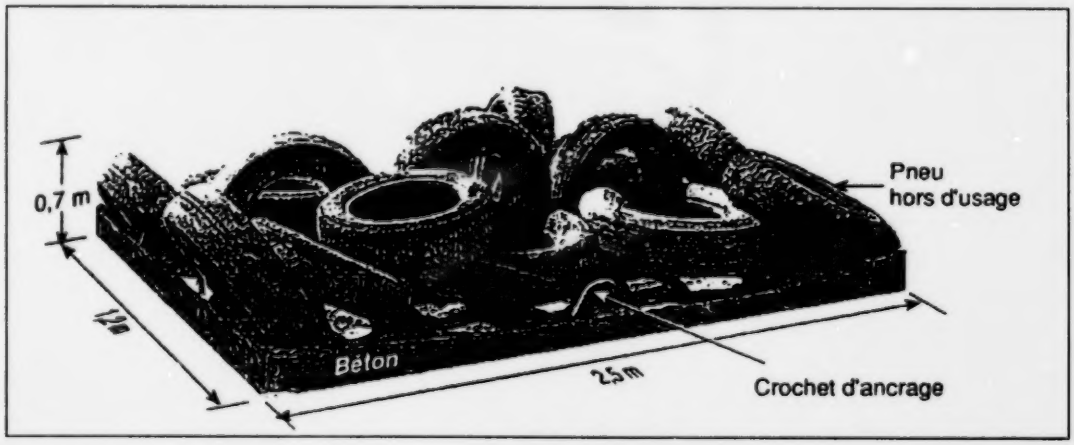


Figure 5. Représentation schématique des récifs artificiels pour le homard, pour juvéniles (haut) et adultes (bas), installés au large d'Anse-à-Beaufils et de Cap d'Espoir au Québec. (tiré de Belles-Isles 1995)

2.5.4 Colonisation par les autres espèces

À l'été 1993, on retrouve une colonisation peu importante, principalement par des hydrozoaires. On note également quelques sigouines de roche (*Pholis gunnellus*), crabes communs et oursins verts. À l'automne 1993, à Cap d'Espoir, des laminaires de 10 cm sont observées contrairement à Anse-à-Beaufils où un retard dans la colonisation est noté. En 1994, la végétation est abondante sur les récifs de Cap d'Espoir. Le récif situé le plus près du cap, est complètement recouvert de laminaires de 50 cm et d'une seconde strate composée d'algues rouges notamment du genre *Ptilota*. Les autres récifs de ce site sont complètement recouverts d'hydres, de Rodophytes (*Ptilota* et *Phycodrys*), de *Phyllophora* et quelques laminaires. Une faune diversifiée occupe les récifs de Cap d'Espoir. La végétation des récifs d'Anse-à-Beaufils reste quant à elle peu développée (<5% de recouvrement par l'algue rouge *Phycodrys rubens*). Cependant il y a un grand nombre d'oursins verts ainsi que quelques hydres, sigouines de roche, stichées arctiques (*Stichaeus punctatus*) et chaboisseaux.

2.6 Baie de Cascapédia, Québec (1998-2000)

En juin 1998, des agencements de 5 à 8 récifs de conception différente sont installés à six endroits dans la partie est de la baie de Cascapédia à des profondeurs d'environ 9 m, 12 m, 23 m et 27 m (Figure 6). Ce projet est différent des autres projets présentés dans ce rapport. Son but est de créer de nouveaux habitats et d'améliorer la productivité en créant des zones à fort potentiel de croissance et de reproduction en général. Il offre ainsi une approche écosystémique et ne vise pas uniquement les populations de homards. La partie est de la Baie de Cascapédia est caractérisée par des courants de fond de l'ordre de 3 à 9 cm/s et une salinité de 25,5 à 27,0‰ en surface et de 27,0 à 28,0‰ au fond (8 à 12 m). Trois types de récifs sont construits: des supports à algues représentés par deux plateaux grillagés superposés, des récifs à profil élevé (1,5 m de hauteur et plus) composées de tuyaux de canalisation en béton et des récifs à profil bas (moins de 1,5 m de haut). Parmi les récifs à profil bas, on trouve des cubes de briques de céramique ajourées, des pyramides de tuyaux de canalisations en béton et deux types de récifs spécialement créés pour le homard. Un premier type pour les homards adultes et un second pour les juvéniles. La représentation schématique des récifs est présentée à la Figure 6. Sur chaque site, les récifs sont reliés à l'aide de cordes afin de faciliter le déplacement des plongeurs d'un récif à l'autre. Le substrat sur les sites est un mélange de sable et de vase. Sur les sites situés à 6 et 9 m de profondeur, on retrouve en plus, du gravier ou des débris de coquillage. Une pêche commerciale au homard s'effectue à une distance de 50 à 100 m de certains récifs ce qui indique la présence de homards dans la zone d'étude et la possibilité de colonisation des récifs par cette espèce.

2.6.1 Échantillonnage

L'échantillonnage se fait en plongée sous-marine. Il s'agit d'un examen visuel dans le but d'identifier et quantifier toutes les espèces animales et algales présentes sur la totalité de chaque récif et sur une zone d'un mètre autour de ce dernier. Les hydrozoaires, les bryozoaires et chaque espèce d'algues sont quantifiés selon une échelle relative de

pourcentage de recouvrement. Les espèces animales, quant à elles, sont quantifiées à l'aide d'une échelle relative d'abondance (Tableau 3). Les campagnes d'échantillonnage ont lieu deux fois par année en été (juillet) et en automne (fin septembre, début octobre) de 1998 à 2000 inclusivement.

Tableau 3. Échelles de recouvrement et d'abondance utilisées pour l'échantillonnage des récifs installés dans la baie de Cascapédia (Québec).

	% de recouvrement		**Abondance**
+	1-30 %	+	1-5 individus
++	30-60%	++	5-10 individus
+++	60-90%	+++	10-20 individus
++++	90% et +	++++	20 et + individus

2.6.2 Description des structures et observations

Récifs pour homards juvéniles

Il s'agit d'une pyramide en béton à base carrée (2 m de côté et 50 cm de hauteur). Des trous horizontaux de 2,5 cm de diamètre et 5 cm de profondeur sont creusés sur les quatre côtés de la pyramide et sont distancés d'environ 20 cm les uns des autres. Aucun homard juvénile n'est observé sur ces récifs à l'exception d'un juvénile d'environ 10 mm LC qui a creusé son terrier dans le substrat près de la base de la pyramide en 1999. En août et septembre 1999, ce type de récif est ensemencé. Chaque pyramide ensemencée a accueilli 140 homards d'environ 8 mm LC, élevés en bassins au centre aquicole marin du MAPAQ (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec) à Grande-Rivière. Plusieurs de ces homards sont sortis des trous et se sont réfugiés sous les algues colonisant le récif ou se sont abrités dans un trou de sable creusé à la base de la pyramide. Certains sont partis au loin dans la colonne d'eau. Les homards qui sont restés sur le récif occupaient un trou rempli de sédiments dans lesquels ils se sont enfouis ou encore un trou dont l'entrée était cachée par des algues telles de jeunes laminaires (N. Paille, obs. pers.). Lors d'échantillonnages subséquents (une semaine plus tard, à l'automne 1999, à l'été et à l'automne 2000), aucun homard juvénile n'est observé sur les pyramides ou à sa base. Il est conclu que les homards ensemencés ont quitté le récif ou ont fait l'objet de prédation. Le récif ne paraît donc pas adéquat. Les jeunes homards ne semblent pas apprécier la protection offerte par le récif. À cause de la pente de la pyramide, les trous semblent offrir aux prédateurs une trop grande visibilité à l'intérieur de l'abri et une bonne accessibilité (N. Paille, obs. pers.). De plus, dans le cas d'un ensemencement de homards sur un récif, il serait souhaitable de marquer les homards afin d'évaluer leur établissement et leur temps de résidence sur le lieu d'ensemencement.

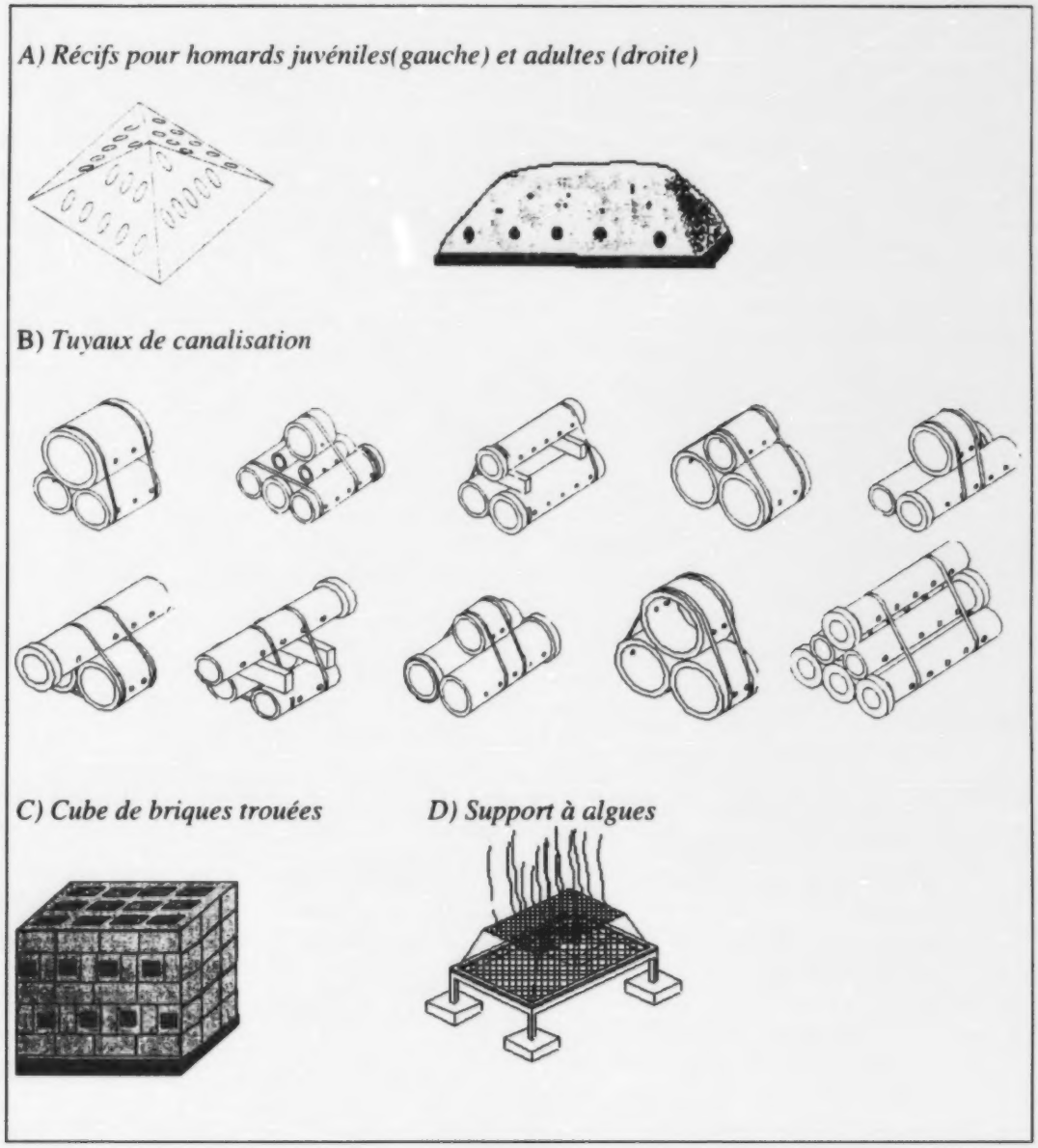


Figure 6. Représentation schématique des récifs artificiels pour le homard installés en 1998 dans la baie de Cascapédia au Québec. (avec la permission du Comité ZIP Baie des Chaleurs, Maria, Québec)

Récifs pour homards adultes

Il s'agit d'un récif rectangulaire en béton dans lequel une douzaine de tuyaux d'environ 10 cm de diamètre passent de bord en bord. Plusieurs homards adultes sont observés dans ces récifs en 1999. Jusqu'à trois homards sur un même récif ont pu être observés. Les trous sont relativement longs et offrent une sortie de secours ce qui semble être apprécié par les homards selon Cobb (1971). Les homards se tiennent en général à l'entrée des tuyaux. Ce type de récif semble offrir une bonne protection visuelle contre les prédateurs. Les trous occupés sont souvent ceux dont l'entrée est dissimulée sous des laminaires ancrées sur le récif.

Tuyaux de canalisation (profil haut et profil bas)

Ces récifs sont composés de trois à six sections de tuyaux de canalisation en béton empilés de façon pyramidale. Le diamètre des canalisations varie entre 42 et 160 cm tandis que leur longueur varie entre 65 et 250 cm. La hauteur du récif, quant à elle, varie entre 83 et 244 cm dépendamment du profil (haut ou bas). Généralement, ce sont les gros homards qui s'abritent dans ces récifs. On les retrouve principalement dans les tuyaux du bas ou encore dans les interstices entre les tuyaux. Il arrive parfois d'en observer dans les tuyaux du dessus et ces récifs abritaient parfois jusqu'à trois homards durant la troisième année d'observation (Ronald Arsenault, Comité ZIP Baie des Chaleurs, Maria, Québec, comm. pers.) Ils se trouvaient dans les tuyaux lorsque les entrées étaient bien dissimulées sous les laminaires. Des essais d'ensemencement sont aussi réalisés sur ce type de récifs. Un total de 120 homards juvéniles (8 mm LC) sont répartis sur trois récifs en tuyaux. Aucun de ces homards n'est retrouvé par la suite.

Cubes de briques trouées

Il s'agit d'un cube fabriqué à l'aide de briques de céramique trouées mesurant 1,70 m × 1,70 m × 1,5 m haut). Un seul homard est observé lors de la deuxième année d'observation. Il se trouvait dans la cavité d'une brique sur le dessus du bloc. Selon les observations effectuées en 1999, ce genre de récif semble être plus attrayant pour les poissons, principalement les tanches, que pour le homard. Le fait que ce récif présente des parois à angle droit par rapport au substrat peut être une explication possible. Le homard étant un animal benthique il est plutôt rare de le voir grimper une paroi à la verticale. Il va préférer creuser un terrier ou se trouver une crevasse plus facile d'accès.

Support à algues

Les supports à algues sont formés de deux plateaux grillagés en acier inoxydable superposés. La base mesure 2,0 m × 1,25 m et la structure fait 1,0 m de hauteur. Aucun homard n'est observé sur ces récifs. Ces récifs ne sont d'ailleurs pas conçus pour attirer les homards mais plutôt créer une forêt d'algues de toutes sortes. Généralement, les laminaires colonisent le plateau supérieur tandis que le plateau inférieur est colonisé par des algues de plus petite taille telles la laitue rouge (*Porphyra* sp.).

2.6.3 Remarques générales

La deuxième et la troisième année d'observation ont permis de constater qu'une colonisation importante a lieu sur tous les récifs à l'exception des récifs en eau profonde (23 et 27 m). Plusieurs d'entre eux ont complètement disparu sous les laminaires et autres algues. Cette colonisation crée une quantité non négligeable d'abris secondaires qui offrent une protection plus accrue contre les prédateurs. D'ailleurs, les observations démontrent une certaine importance du couvert végétal pour le homard. En effet, le nombre de homards observés semble augmenter d'une année à l'autre et généralement ils préfèrent se trouver dans les récifs colonisés par les laminaires (Ronald Arsenault, Comité ZIP, Baie-des-Chaleurs, Maria, Québec, comm. pers.; N. Paille, obs. pers.). Les récifs occupés par les homards abritent principalement des individus adultes. Ces homards sont considérés de passage car leur nombre change continuellement suivant les semaines et les saisons d'observation. Un marquage des homards et des observations plus fragmentées auraient été intéressants pour vérifier les déplacements ou la fidélité des homards sur les récifs. Parmi les nombreuses espèces animales et végétales observées sur les récifs (environ 40), les espèces les plus abondantes, autres que le homard, sont : le crabe commun, la plie, l'étoile de mer, la tanche tautogue, les hydrozoaires et les bryozoaires. La laminaire est de loin l'algue dominante sur les récifs colonisés. Les anémones de mer (*Metridium senile*) ainsi que des petits bancs de *Mysis* sp. sont aussi couramment observés. Sur les récifs pour homards adultes la loquette d'Amérique semble être une espèce compétitrice au homard pour les abris, car elle occupe très souvent les tuyaux.

Une bonne partie des cordes qui relient les récifs au fond sont également colonisées par des laminaires, des hydrozoaires et autres sortes d'algues et animaux sessiles. On pense que ces cordes colonisées créent des corridors qui facilitent le déplacement des poissons entre les récifs en plus d'aider possiblement à la propagation des invertébrés et des organismes sessiles (Marc-André Bernard, Aquafor Inc. Maria, comm. pers. et Ronald Arsenault, *id.* p.20, comm. pers.).

2.7 Caraquet/Val Comeau, Nouveau-Brunswick (1998-en cours)

2.7.1 Description

En 1998, deux types de structures artificielles sont conçus dans le but de créer des récifs purement destinés à la collecte des postlarves de homard. Ces récifs sont déposés sur deux sites à Caraquet à 5 et 13 m de profondeur et sur un troisième à Val Comeau à une profondeur de 5 m. La première structure est une pyramide à base carrée (40,6 cm de côté, 25,4 cm de hauteur) (Figure 7). À la base de chaque côté, 3 entrées de 1,3 cm de diamètre donnent accès à une seule et unique grande chambre. Deux autres entrées sont également percées à 14,3 cm de hauteur sur chacun des côtés. Cette pyramide ne possède pas de fond pour permettre aux postlarves d'avoir un contact direct avec le substrat. La deuxième structure est un bloc à base rectangulaire (61 × 40,6 × 10 cm de hauteur). À la base de celui-ci, 16 petites chambres circulaires en forme de dôme sont creusées. Elles

ont 7,6 cm à la base, 5,1 cm de haut et chacune s'ouvre à l'extérieur par un tunnel de 5,1 cm de long et de 1,3 cm de diamètre. Les petites chambres et les entrées n'ont pas de fond pour permettre un contact avec le substrat. En 1998, trois ensembles de 12 structures (6 structures de chaque type) sont installés à chacun des trois sites pour un total de 108 structures. Les structures sont distancées d'environ 2 à 3 mètres et la distance entre les ensembles de structures varie entre 5 et 10 mètres. En 1999, 90 structures à petites chambres et 18 pyramides supplémentaires sont déployées sur des sites différents choisis en fonction de leur substrat. Un substrat de vase et d'algues dans la baie de l'île de Caraquet, deux substrats durs et rocheux à une profondeur de 2,5 et 4,5 m au large de l'île de Caraquet et finalement deux autres substrats de sable avec algues près du quai de Bas-Caraquet à 3,5 m de profondeur. Il y a présence de homards dans la région et il y a une pêche commerciale à Caraquet et Bas-Caraquet.

2.7.2 Échantillonnage

L'échantillonnage est effectué en plongée sous-marine, à l'aide d'un aspirateur après avoir soulevé la structure. Des quadrats additionnels de 0,5 m² adjacents aux structures sont également échantillonnés. Les homards et les crabes ainsi capturés sont dénombrés et mesurés. La méthode d'échantillonnage est assez rude et perturbe beaucoup le récif, son milieu et la colonisation. Cela crée une certaine instabilité du milieu qui peut potentiellement chasser les postlarves vers un autre milieu.

2.7.3 Résultats

Les structures installées à Caraquet en 1998 n'ont permis de capturer que deux homards de l'année. Un premier sous une pyramide et un deuxième sous une structure à petites chambres. Aucun homard de l'année n'est observé ailleurs. Par contre, on remarque sur certains sites (entre les structures) une abondance de homards adultes de tailles différentes. Cette abondance semble fluctuer en fonction des saisons avec un pic en juillet. En septembre, l'abondance est plus faible qu'en juillet mais plusieurs exuvies sont observées près des structures. La présence de ces exuvies suggère que les structures servent de refuge aux homards pendant la période de mue. Pour les structures placées en 1999, aucun homard de l'année n'est observé. Cependant, des exuvies sont également observées près des structures sur tous les sites.

2.7.4 Colonisation par les autres espèces

Après un an, la colonisation des structures à Val Comeau est importante. Elles sont complètement recouvertes d'algues principalement de laminaires et se confondent avec le milieu naturel. Par contre, à Caraquet, il y a une colonisation partielle par des jeunes laminaires à 13 m de profondeur et aucune colonisation à 5 m. Pour les structures de 1999, aucune colonisation n'est observée après trois mois sous l'eau.

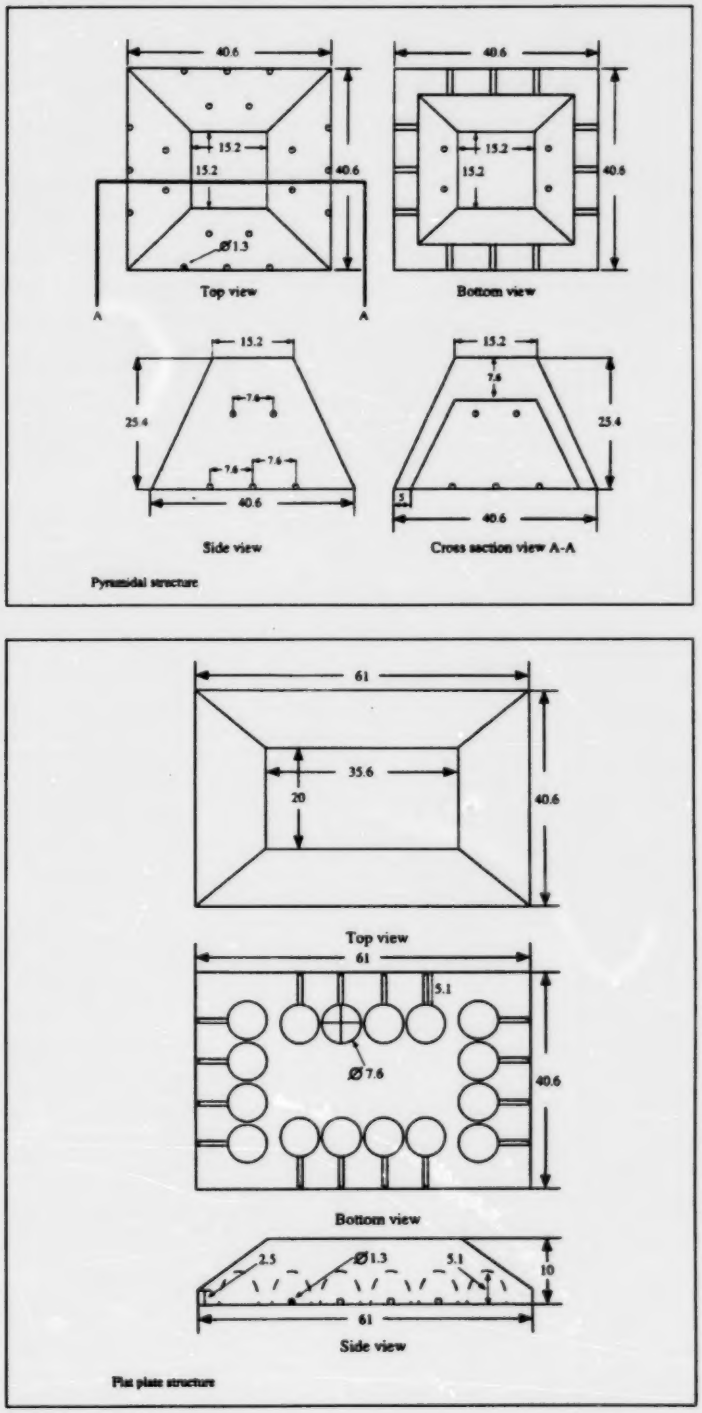


Figure 7. Représentation schématique des deux structures construites pour accueillir les postlarves de homard installées dans la baie de Caraquet au Nouveau-Brunswick en 1998 et 1999. (tiré de Comeau 1999)

2.8 AUTRES RÉCIFS

Au début des années 1990, un récif est installé à Belledune au Nouveau-Brunswick. Ce récif est créé à partir de roches d'environ 30 cm de diamètre, distribuées uniformément sur un substrat de vase et de sable. Le suivi se fait en plongée sous-marine sur des transects de 800 à 900 m. Une faible colonisation par les algues a lieu la première année. La colonisation est beaucoup plus importante lors de la deuxième année. En 1998 le concept est révisé pour cibler les homards juvéniles (<35 mm de LC). On prévoit 800 structures de 1m × 1m × 0,17 m de hauteur qui seront déployées à des profondeurs variant entre 7 et 9 m. Ces structures sont en béton avec de nombreux orifices <63,5 mm et seront distancées de 1 à 2 m. Des structures composées de coquilles de mactres/palourdes sont également envisagées dans le futur. Ces coquilles seraient déposées dans des sacs avec un maillage de vexar (Anonyme 1999). Les résultats concernant ces récifs ne sont pas encore publiés.

En juillet 1998, deux récifs sont construits à Souris, à l'Île-du-Prince-Edouard. Chaque récif est composé de 612 empilements de roches placés sur un substrat de sable dur. Chaque empilement fait environ 3 m^3. Chaque récif est adjacent à un habitat de sable, à un récif rocheux naturel et à un substrat de sable couvert de roches. Deux semaines après l'installation du récif, un début de colonisation algale est observée ainsi qu'une immigration de homards adultes. Il n'y a pas d'autre résultat disponible pour le moment. Les récifs et les habitats adjacents sont échantillonnés trois fois par année (au printemps, à l'automne et à l'hiver) durant trois ans (Andrea Locke, MPO, Moncton, Nouveau-Brunswick, comm. pers.).

À Newport, une perte d'habitat du homard a eu lieu lors de la construction d'un émissaire d'eaux usées. Afin de compenser cette perte, un récif est mis en place à la fin de l'automne 1999. Il s'agit d'un récif d'un mètre de haut couvrant une surface de 15 m × 15 m et construit à partir des matériaux excavés lors du dynamitage de la tranchée de l'émissaire. Les pierres utilisées ont un diamètre de 125 à 600 mm et sont dépourvues de matières fines ou résiduelles. Un suivi de la stabilité et de l'ensablement du récif ainsi qu'un suivi de la colonisation par la faune et la flore aura lieu sur une période de trois ans (Marise Lemire, MPO, IML, Mont-Joli, Québec, comm. pers.). Aucun résultat n'est disponible pour le moment.

Le type de récif à homards expérimenté à Terre-Neuve est composé de « reef balls » (Figure 8). Ce sont des structures en béton de forme plus ou moins sphérique, creuses à l'intérieur et possédant de nombreuses ouvertures de tailles variables. Elles sont conçues pour imiter les récifs naturels. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

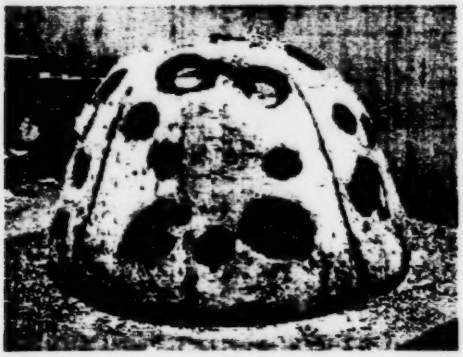


Figure 8. Photographie d'un « reef ball ». (tiré du site internet sur les «reefballs» http://www.reefball.org).

3.0 DISCUSSION

Généralement, la mise en place d'un récif à homards a pour but de créer un nouvel habitat favorisant la production du homard. Pour qu'un récif puisse remplir sa tâche, il doit idéalement pouvoir subvenir aux besoins de tous les stades de vie du homard permettant ainsi le déroulement complet de son cycle vital. Pour ce faire, il est important de bien connaître la biologie et les exigences écologiques de l'espèce. D'autre part, il est important que le récif s'intègre au milieu dans lequel il est placé et qu'il puisse idéalement s'y maintenir de façon permanente sans être altéré. Plusieurs aspects sont donc à considérer avant la construction et la mise à l'eau des récifs. Le récent ouvrage de Seaman (2000) accorde beaucoup d'importance à la panification des projets de récifs artificiels, leur conception, leur mise à l'eau, ainsi qu'à leur suivi, afin d'être assuré que les récifs construits et mis en place répondent bien aux besoins qui avaient été énoncés. L'auteur et ses collaborateurs indiquent plusieurs avenues à suivre pour une meilleure planification et un meilleur développement des projets de récifs artificiels. Dans la partie qui suit, nous examinons les éléments que nous jugeons importants de considérer lors du choix du site et de la construction des récifs pour homard. Nous abordons aussi brièvement la question du suivi des récifs.

3.1 CHOIX DU SITE

3.1.1 Conditions physico-chimiques

Si la zone d'étude est une aire ou était anciennement une aire productive pour le homard, il y a de bonnes chances que les conditions soient adéquates pour un récif à homards. Malgré tout, il est nécessaire de s'en assurer. Généralement, les eaux qu'affectionnent les homards ont des températures qui varient entre 5 à 20°C (Aiken et Waddy 1986). Cependant, les homards juvéniles et adultes peuvent tolérer des températures allant de –1°C à 30,5°C. Il est d'ailleurs nécessaire d'avoir durant l'hiver une température d'eau inférieure à 8-10°C pour la synchronisation des cycles de mue et

des cycles de reproduction (Harding 1992). Les larves, quant à elles, sont présentes dans les eaux de surface dont l'échelle de température varie entre 6 et 25°C. Par contre, une température minimale de 12°C semble être nécessaire pour atteindre le stade IV (Harding 1992). Le moment d'apparition des larves planctoniques diffère d'une région à l'autre mais règle générale il est synchronisé avec une échelle de température de surface qui varie entre 11 et 13° C (Harding *et al.* 1982).

Les homards juvéniles et adultes peuvent tolérer des salinités se situant entre 8 $^{0}/_{00}$ et 32 $^{0}/_{00}$ suivant les conditions de température et d'oxygène tandis que les larves semblent éviter les salinités en bas de 20-21 $^{0}/_{00}$ (Cobb 1976, Harding 1992). Des expériences en laboratoire semblent démontrer que le rendement des juvéniles homards est maximisé lorsque la salinité se situe entre 28 et 32 $^{0}/_{00}$ pour une température de 20°C (Richards et Wickins 1979). La concentration d'oxygène dissout nécessaire à la survie du homard se situe entre 0,2 mg/l à 5°C et 1,2 mg/l à 25°C pour une salinité de 30 $^{0}/_{00}$ (Harding 1992). On doit également éviter les zones pouvant présenter à certaines période de l'année de l'anoxie ou de très forts courants ou une trop grande turbulence (Støttrup *et al.* 1998). La survie du homard est déterminée suivant la combinaison de la température, la salinité et l'oxygène (voir Cobb 1976 pour une représentation graphique des zones de tolérance).

Avant d'installer un récif il est aussi important de vérifier la qualité du milieu. Les pesticides, les insecticides et le phosphore sont toxiques pour les homards et les métaux lourds comme le cuivre, le zinc et le plomb sont létaux à très faible concentration (Cobb 1976). Ce sont là quelques exemples d'éléments toxiques et il en existe bien d'autres. À ce sujet, une évaluation des phénomènes anthropiques pouvant affecter le homard est présentée par Harding (1992). Le choix d'un site non pollué est de toute évidence primordial pour la survie du homard.

3.1.2 Présence de congénères

Les homards juvéniles et adultes ont tendance à vivre dans le même habitat (Phillips *et al.* 1980) et la présence de congénères semble être un facteur important pour la déposition des larves. Plusieurs auteurs ont en effet rapporté que la déposition serait favorisée par la présence de congénères. Boudreau *et al.* (1993) suggèrent que les postlarves sont attirées lorsque l'odeur de homards adultes est présente dans l'eau. Cette odeur leur indiquerait un habitat capable de supporter une population de homards. Ce phénomène pourrait peut-être expliquer pourquoi il n'y a pas de recrutement durant les deux premières années sur certains récifs puisque le nombre de homards résidents est moindre au début. L'odeur de prédateurs aurait, quant à elle, un effet contraire.

La présence de populations de homards à une certaine distance d'un récif est un critère à ne pas oublier. En effet, la première colonisation du récif est souvent faite par migration. Des homards adultes en transit ou à la recherche d'abris peuvent être attirés par la présence d'un récif et s'y établir. Dans le meilleur des cas, ces homards peuvent résider à l'année et se reproduire comme ce fut le cas dans la baie de Poole en Angleterre (Jensen *et al.* 1994). La proximité d'une population naturelle augmente donc les chances

de colonisation du récif. Cependant, on ignore la distance idéale entre un récif artificiel et une population naturelle résidente. Les récifs du détroit de Northumberland, de la baie de Poole et à Dutch Harbor au Rhode Island démontrent qu'une distance allant de 600 m à 3 km peut être adéquate étant donné le succès de ces récifs. Un récif adjacent à un habitat naturel peut servir d'extension à ce dernier. Un récif placé loin d'un habitat naturel va permettre de créer un nouvel environnement et favoriser l'établissement d'une nouvelle communauté dans un milieu où il n'y avait pas de population de homard résidente, à partir d'individus adultes en transit provenant de différentes communautés.

Lorsqu'un récif est conçu dans le but d'offrir un habitat propice aux premiers stades benthiques du homard (e.g. récif pour juvéniles d'Anse-à-Beaufils, récif de Caraquet et pyramide de la baie de Cascapédia), il est important de s'assurer de la présence de congénères de mêmes stades dans la zone d'étude. Lorsque le récif est conçu pour l'établissement des postlarves, il est également très important de s'assurer de la présence de stades planctoniques de homard dans la colonne d'eau. La meilleure façon de procéder est d'effectuer des traits de filets en surface, là où se tiennent les stades planctoniques du homard (stades I à III). De façon générale, l'apparition des premiers stades larvaires dans la colonne d'eau ne se fait pas si la température de l'eau est inférieure à 11-13°C. Il s'agit d'un niveau de température critique nécessaire au processus d'éclosion des larves. Il favorise aussi un bon développement des postlarves avant leur déposition sur le fond (Harding *et al.* 1982).

3.1.3 Dynamique des courants et dynamique du substrat

À grande échelle, la dynamique des courants joue un rôle important pour le recrutement des larves de homards. Le recrutement est au départ un phénomène passif qui est contrôlé par la région où les larves sont relâchées et par les conditions océanographiques tels les courants, les vagues et les tourbillons (Harding *et al.* 1982, Spanier 1994). Cobb *et al.* (1983) indiquent qu'il peut y avoir des concentrations de larves de homard dans les eaux peu profondes caractérisées par un phénomène de plongée des eaux (« downwelling »). Il est donc nécessaire de s'assurer que la dynamique des courants amène bel et bien les larves de homards dans la région du récif si l'on veut y favoriser la déposition des postlarves.

À plus petite échelle, la dynamique des courants joue un rôle au niveau du récif lui-même. L'interaction entre le récif et la dynamique des courants peut créer des conditions hydrodynamiques favorables pour le homard et plusieurs autres organismes. Cette interaction peut créer des tourbillons qui homogénéisent la répartition des organismes planctoniques et qui distribuent la nourriture sur le récif, tout en y apportant de l'oxygène (Spanier 1997). La ventilation est en effet nécessaire pour éviter un taux d'oxygène trop bas ou un taux de CO_2 trop élevé à l'intérieur des abris (Lawton et Lavalli 1995). L'interaction entre la dynamique des courants et le récif peut également protéger les homards des courants trop forts. Lawton et Lavalli (1995) rapportent que les homards européens de 50 mm LC ont une activité normale lorsque le courant est de 5 cm/sec. Lorsque ce courant passe à 10-15 cm/sec, les homards perdent le contrôle de leurs antennes et leurs déplacements sont diminués. Entre 21 et 43 cm/sec, certains homards se

font emporter dans le courant. Les homards de 16 mm LC peuvent, eux aussi, se comporter de façon normale dans un courant de 5 cm/sec. Cependant, ils vont se retirer dans un abri s'ils le peuvent. Il est donc important de connaître la vitesse des courants dans la zone d'étude et adapter le récif en conséquence.

La dynamique des courants agit également sur la dynamique du substrat. Cette interaction est un critère très important à examiner afin d'éviter un ensablement ou un déplacement du récif. Lorsque les récifs sont installés sur des sédiments meubles, on peut s'attendre à ce qu'il y ait un certain degré d'ensablement. Ce degré d'ensablement va dépendre de la vitesse et la direction des courants et de la configuration de la structure mise à l'eau. En fait, lorsqu'un courant frappe un objet, il se produit une sédimentation du côté qui est sous le courant. En un lieu donné, l'interaction sédiments-courants-objet est plus importante que le taux de sédimentation local naturel.

La présence de récifs va donc modifier le patron de courants, modifier leur vélocité et affecter ainsi la stabilité du substrat en augmentant le transport des sédiments. Une revue des principaux processus impliqués est présentée par (Sheng 2000). L'effet combiné des vagues et des courants a eu un impact important sur les blocs installés au Rhode Island (Sheehy 1976). Les blocs orientés pour que le courant ne passe pas à l'intérieur des abris se sont enfoncés dans le substrat. Lorsqu'un courant rencontre un obstacle, dans ce cas-ci, le côté fermé du bloc, il brise sa linéarité et crée des turbulences à la base de l'obstacle. De plus, en passant par-dessus l'obstacle, le courant augmente sa vélocité. La vélocité locale autour du récif devient alors plus grande que la vélocité moyenne du courant. Cette vélocité locale et les turbulences créées autour des blocs provoquent un balayage des sédiments et creusent le substrat autour des blocs permettant à ces derniers de s'enfoncer (Jones 1974). De plus, lorsque les récifs sont installés les uns près des autres, comme la disposition spatiale des blocs en matrices dans le cas de l'expérience menée par Sheehy (1976), le courant se trouve alors à circuler dans une sorte de corridor. Lorsqu'un fluide doit passer dans un milieu plus étroit, sa vitesse augmente et plus le milieu est étroit, plus la vitesse est grande. Sheehy (1976) a constaté que lorsque les blocs étaient distancés de 30 cm ou de 61 cm, le niveau du substrat entre les blocs situés au centre de la matrice était de 5 cm à 13 cm plus bas que le niveau du substrat mesuré sur les bords externes de la matrice. Ceci n'a pas été observé lorsque les blocs étaient espacés de 122 ou 244 cm. La vitesse du courant était probablement plus élevée dans les corridors de 30 cm et 61 cm, augmentant le stress au niveau du substrat et provoquant ainsi un transport de sédiments plus grand. Dans des milieux à haute énergie, le processus d'érosion peut se poursuivre et entraîner l'ensablement complet de structures de petites dimensions. Le degré d'enfoncement dans le substrat va aussi dépendre de la capacité de support de ce dernier et du degré de compressibilité des sédiments.

La forme et la hauteur des abris fait grandement varier la vélocité et le comportement du courant autour de celui-ci. De façon générale, des abris de forme arrondie offrent une moins grande résistance et diminuent ainsi les problèmes d'érosion (Jones 1974). Par ailleurs, des récifs qui possèdent de nombreuses anfractuosités ou irrégularités, tels les amas de roches de tailles différentes, ont la propriété de briser la structure du courant, empêchant le maintien des turbulences qui causent l'érosion autour

des structures et leur enfoncement subséquent. Des structures lisses et alignées comme les blocs utilisés au Rhode Island (Sheehy 1976) vont permettre l'intensification des phénomènes de turbulence et ainsi accélérer les processus d'érosion.

Pour qu'un récif demeure stationnaire, il est nécessaire que les forces de traînée et d'inertie qui agissent sur le récif soient balancées par les forces de résistance du substrat. La force de levée du récif doit quant à elle être contrebalancée par la différence entre le poids du récif et sa flottabilité. Ainsi, le poids du récif doit être adapté au niveau d'énergie caractérisant le milieu récepteur (vagues, courants) ainsi qu'au type de substrat (nature et compressibilité). Pour s'assurer qu'un récif va se maintenir en place pour une durée déterminée dans un milieu donné, il faudrait idéalement, au préalable, évaluer les forces auxquelles seront soumises le récif. Ces évaluations requièrent l'utilisation de modèles assez sophistiqués (Sheng 2000), mais pour lesquels il existe néanmoins certains logiciels facilitant les calculs.

3.1.4 Caractéristiques du substrat

Le type de substrat sur lequel doit être installé le récif est d'une importance primordiale. Il doit être stable et capable de supporter le poids du récif. Il semblerait qu'un substrat de sable bien tassé mélangé à du gravier grossier ou des débris de coquillages soit l'idéal. Il représente un substrat assez dur pour supporter le poids d'un récif tout en étant assez meuble pour permettre aux homards ou autres espèces de creuser dans le substrat. Le homard est en effet reconnu pour creuser des terriers lorsque les abris sont limitants (Botero et Atema 1982). Ce type de substrat est celui qui a servi de support entre autres pour le récif du détroit de Northumberland. Après six ans, aucun ensablement important n'a eu lieu à l'exception de l'extrémité déposée sur du sable uniquement. Au Rhode Island en 1972, certaines matrices déposées sur du sable ont connu des problèmes d'ensablement. À Anse-à-Beaufils, les récifs pour juvéniles placés sur un substrat de sable n'ont pas été retrouvés en 2000 suggérant qu'ils soient complètement ensablés ou enfoncés dans le substrat. En ce qui concerne les récifs pour adultes placés sur la roche mère, on pense qu'ils ont été déplacés par l'action des vagues et des glaces. La roche mère, étant un substrat très dur, n'offrirait pas assez de prise au récif pour l'empêcher de se déplacer. Généralement, les récifs sont placés sur des substrats plats et uniformes.

3.1.5 Profondeur du site

La profondeur est importante pour l'efficacité et la durabilité du récif. Il doit se trouver à une profondeur où il y a une déposition benthique c'est-à-dire dans les eaux côtières peu profondes. On doit également éviter le plus possible l'effet du ressac des vagues et l'effet des glaces pour qu'idéalement, les homards puissent hiverner sur le récif et ainsi créer une population résidente. Pour les exemples cités précédemment, la profondeur où sont installés les récifs varie entre 5 et 17 m. Støttrup *et al.* (1998) suggèrent, quant à eux, un maximum de 40 m pour *H. gammarus*. Trois études préliminaires peuvent aider à établir la profondeur idéale d'un récif : i) vérifier la profondeur à laquelle se déposent les postlarves dans les zones adjacentes à la zone d'étude, ii) connaître la profondeur de la thermocline dans la zone d'étude et s'assurer

que le récif se trouve à une profondeur moindre. La thermocline semble, en effet, être une barrière physique qui interrompt la descente des larves sur le fond (Boudreau *et al.* 1992). iii) vérifier à quelle profondeur l'effet des glaces et des tempêtes est moins fréquent. Cette dernière considération permet d'éviter une instabilité du récif comme ce fût le cas pour le récif des homards adultes à Anse-à-Beaufils. Au moment d'évaluer la profondeur du récif, il faut également tenir compte de l'accessibilité au récif par les plongeurs pour l'échantillonnage et l'entretien si nécessaire. Il va sans dire que pratiquement aucun site ouvert sur la côte n'est à l'abri de tempêtes. Même les sites localisés en profondeur ne sont pas épargnés des grosses tempêtes. Moins le site sera profond, plus l'effet des vagues va se faire sentir souvent.

3.1.6 Protection du site

Si le but d'un récif à homard est de préserver la ressource il est préférable de l'installer dans un milieu non exploité ou en interdire l'exploitation sinon un effet contraire pourrait être observé. Les récifs sont, en effet, reconnus comme étant très attractifs dès le début de leur mise en place et les espèces ont tendance à se regrouper autour de ces nouvelles structures. Les exemples présentés dans ce rapport montrent que les homards en transit à la recherche de nouveaux abris semblent également très attirés par l'installation d'un nouveau récif. En raison de cette attraction, il peut se produire une concentration d'individus qui seraient alors facilement exploitables (Bohnsack et Sutherland 1985). En protégeant le site, les homards peuvent alors s'établir sur le récif et éventuellement se reproduire et libérer leurs larves dans la zone d'étude, contribuant ainsi à la production larvaire locale. La mise en place de récifs adaptés à l'établissement benthique des postlarves et au développement des stades subséquents pourrait, à long terme, transformer l'effet attractif du début en une augmentation de la production. De plus, par un effet de débordement, les individus adultes plus susceptibles de quitter le récif deviendraient disponibles pour la pêche commerciale. De cette façon, le récif pourrait contribuer au maintien de la pêche. Ainsi, dans un milieu protégé, la mise en place d'un récif permet de reconstituer un habitat disparu ou d'augmenter la superficie d'un habitat naturel propice à l'établissement des homards et peut également jouer un rôle de sanctuaire pour la production et le maintien de la biodiversité comme ce fut le cas dans la baie de Poole en Angleterre.

3.2 Caractéristiques du récif

Les récifs artificiels peuvent être classés en deux catégories : une première catégorie regroupe les récifs composés de blocs ou de cailloux de toutes tailles mis pêle-mêle sur le fond. Ces récifs peuvent être structurés en un seul et unique grand récif (ex : détroit de Northumberland) ou en plusieurs îlots plus ou moins grands, espacés d'une certaine distance sur une aire prédéfinie (ex : baie de Poole, Rhode Island 1996-1998 et le récif pour juvéniles à Anse-à-Beaufils). La seconde catégorie regroupe les récifs composés de structures imaginées et construites par l'homme offrant différents types d'abris selon un patron prédéfini (ex : Rhode Island 1972-1974, Caraquet, baie de Cascapédia et le récif pour adultes de Percé).

3.2.1 Matériaux

Le matériel de construction doit avoir une texture rugueuse et/ou poreuse pour faciliter l'ancrage d'espèces sessiles, être inerte dans l'eau de mer, avoir une haute densité pour assurer une bonne stabilité sur le fond, avoir une grande durée de vie et un coût minime pour rentabiliser le projet. Lors de la conception d'un récif, il vaut mieux éviter le plastique renforcé de fibres de verre ainsi que le PVC. Les constructions faites avec ces matériaux ont montré des problèmes de stabilité. Elles sont susceptibles d'être détruites lors de tempêtes ou d'être déplacés par des engins de pêche s'il y a lieu (voir revue de Pickering et Whitmarsh 1997). En revanche, le béton est très utilisé pour la construction de récifs à cause de sa durabilité dans l'eau de mer et du fait qu'il peut être moulé selon les formes voulues (voir Pickering et Whitmarsh 1997).

Le recours à des déchets divers tels les pneus usagés, les carcasses d'automobiles et les épaves de bateaux est courant, malgré que l'on s'interroge encore sur la possibilité qu'ils ne soient pas inertes et qu'ils puissent libérer des produits toxiques. L'utilisation de déchets terrestres tels les cendres de charbon pulvérisé et stabilisées dans du ciment, comme dans le cas des récifs de la baie de Poole en Angleterre (Jensen *et al.* 1994) constitue une avenue que plusieurs trouvent intéressante compte tenu que ce type de déchets ne semble pas présenter de menace pour l'environnement (Collins et Jensen 1997). Leur utilisation dans la fabrication de récifs artificiels aurait les mêmes avantages que le ciment conventionnel (Scheng 2000). D'autres déchets tels les boues de dragage et les cendres provenant d'incinérateurs pourraient éventuellement servir à la construction de récifs, une fois stabilisés dans le ciment. Par contre, l'utilisation de ce type de déchets devra au préalable faire l'objet d'études environnementales en vertu de certaines conventions internationales comme celles de Londres et de Paris/Oslo (« OSPAR convention ») (Collins et Jensen 1997).

Lorsqu'il s'agit de pierres excavées d'une carrière, il est important de choisir une grande diversité de tailles afin de créer des interstices de différentes dimensions qui puissent constituer des abris pour une grande gamme de tailles de homards.

3.2.2 Dimensions

En ce qui concerne les dimensions d'un récif à homards, très peu de renseignements sont disponibles. Cependant, plusieurs recommandations sont émises en ce qui concerne les récifs pour poissons et autres espèces. Ainsi, Ogawa *et al.* 1977 ont noté une augmentation de la production directement reliée avec le volume du récif lorsqu'il est situé entre 400 et 4000 m^3. Bohnsack et Sutherland (1985) considèrent toutefois que la dimension minimum d'un récif ne devrait pas être inférieure à 400 m^3.

Dans son expérience, Scarratt (1973b) a conclu après plusieurs observations successives que certaines parties de son récif étaient plus hautes que nécessaire. Selon lui, si les 1500 m^3 de pierres utilisées avaient été distribuées sur une surface cinq fois plus grande, le nombre de homards sur le récif aurait été cinq fois plus grand. En bref, le nombre de homards sur un récif serait selon lui directement proportionnel à la surface

couverte par ce dernier. L'aire que doit couvrir un bon récif à homard n'est pas établie et dépend en fait des objectifs. Dans le cas de projets de compensation, on recommande généralement que le récif soit d'une superficie au moins équivalente à celle de l'habitat perdu.

En ce qui concerne la hauteur d'un récif, malgré le fait qu'il s'agisse d'un facteur important pour les récifs à poissons, il apparaît moins important pour les récifs à homards puisqu'il s'agit d'une espèce benthique. En nature, il semblerait que les jeunes stades benthiques s'établissent toujours dans la partie la plus basse du récif que ce soit sur un substrat naturel ou sur un récif artificiel (François Hazel, MPO, IML, Mont-Joli, Québec, comm. pers.). Les adultes, quant à eux, sont parfois à un niveau plus élevé que le substrat de base. Par contre, les homards adultes se trouvent rarement à plus d'un mètre de hauteur (Anthony C. Jensen, Université de Southampton, UK, comm. pers. citée dans Pickering et Whitmarsh 1997). Ces observations appuient l'idée qu'un profil bas pour un récif à homard est tout à fait adapté. Les parois du récif peuvent avoir une pente variable. Selon Cooper et Uzmann (1977), l'inclinaison des substrats naturels colonisés par les homards se situe entre 0° et 70°.

3.2.3 Arrangement spatial

Il existe deux arrangements spatiaux pour les récifs. On peut concevoir un seul et unique gros récif ou plusieurs îlots déposés à une certaine distance les uns des autres sur une aire prédéfinie. Le homard adulte est reconnu comme étant beaucoup plus mobile que les plus jeunes. Le fait d'avoir plusieurs récifs espacés les uns des autres sur une grande surface permet aux homards de circuler d'un îlot à l'autre et par le fait même de les garder dans la zone du récif. L'expérience de la baie de Poole a démontré en effet que les mouvements de *H. gammarus* se font principalement entre les récifs (5 m). Par rapport à un seul et unique gros récif, les îlots de récifs proposent une plus grande hétérogénéité au niveau du substrat. Le substrat meuble autour des récifs peut alors constituer un habitat secondaire pour le homard.

Les observations de Bologna et Steneck (1993) sur l'utilisation des champs de laminaires par les homards suggèrent que ces derniers semblent préférer s'établir en périphérie d'un récif. Si tel est le cas, il est nécessaire d'envisager un récif de façon à maximiser la bordure ou le ratio périmètre/aire. La mise en place de plusieurs petits récifs l'un à côté de l'autre augmente la quantité de bordure disponible. S'il s'agit d'un seul et unique récif, il serait alors préférable de le concevoir le plus irrégulier possible. De plus, le fait de laisser des trous dans le centre du récif complexifie le récif et peut aussi créer un effet de bordure au centre du récif et augmenter ainsi le nombre de homards. Cet agencement permet aussi de diminuer l'effet des facteurs d'ensablement ou d'enfoncement tel que mentionné dans la section 3.1.3. De plus, Wahle et Steneck (1992) de même que Johns et Mann (1987) confirment que la complexité de l'habitat contribue à réduire le taux de prédation.

L'orientation d'un récif à homard ou des abris est peu abordée dans les exemples décrits dans la section précédente. Cependant, l'expérience de Sheehy (1976) au Rhode

Island, a démontré que l'orientation peut être un facteur important lorsque le récif est composé d'abris individuels déposés selon un patron défini. Dans son expérience, 80% des abris dont l'ouverture était orientée dans le courant ont été retournés par l'action des vagues ou des courants. Pour ce genre de récif, il est donc important de vérifier la stabilité des abris en fonction de leur orientation par rapport au courant avant leur mise en place définitive. D'un autre côté, les homards cherchent généralement à se protéger des courants de marée, de l'action des vagues et des tempêtes. Il serait donc préférable de ne pas orienter l'ouverture d'un abri dans le courant. Une connaissance des courants (vitesse et direction) dans la zone d'étude est donc essentielle pour orienter adéquatement les abris de récifs semblables. Dans le cas des récifs construits à l'aide de rochers et de cailloux, il est difficile d'orienter les abris dans une direction donnée. L'orientation de ce type récif doit être pensée dans le but de minimiser l'ensablement. Il est à souligner aussi que les courants sont souvent responsables de l'apport en nutriments et en larves et c'est pourquoi certains auteurs suggèrent d'orienter la longueur du récif perpendiculairement au courant dominant afin de favoriser ces apports (Mathews 1981). Si la conception du récif le permet, il est préférable d'orienter le récif de façon à minimiser les surfaces exposées aux forts courants afin de favoriser l'établissement des larves (voir revue de Pickering et Whitmarsh 1997). Il est cependant nécessaire d'avoir une certaine circulation pour éviter une trop grande sédimentation sur le récif.

3.2.4 Abris

La présence d'un grand nombre d'abris est essentielle à la survie du homard. Ces abris doivent offrir une protection contre la lumière, la prédation, les courants et l'impact des vagues (Hudon 1987, Johns et Mann 1987, Boudreau *et al.* 1990). Tous ces éléments doivent être considérés dans la conception d'un récif artificiel, notamment lorsque celui-ci est destiné à abriter des postlarves. La lumière est de loin le facteur primordial dans le choix d'un abri par les postlarves (Boudreau *et al.* 1990) ainsi que pour tous les stades subséquents du homard (Cobb 1971, Cooper et Uzmann 1977). Selon Cobb (1971), 87% des homards en nature occupent des abris réduits ou à profil bas. Ce type d'abri serait plus sombre qu'un abri plus gros ou plus haut expliquant cette préférence. Spanier (1997) suggère que les abris en forme de cavité horizontale sont également plus sombres et diminuent la détection visuelle par les prédateurs. Les petites ouvertures diminuent également la quantité de lumière qui entre dans l'abri et offrent une protection accrue contre les gros prédateurs. Plusieurs auteurs soulignent que le homard aime bien être en contact avec une ou plusieurs parois de son abri (« thigmotactisme », selon Cobb 1971). Les abris réduits ou à profil bas favorisent ce comportement. Les homards préfèrent changer d'abri en fonction de leur croissance d'où l'importance d'offrir une vaste gamme de taille et de forme d'abris (Cobb 1971). La relation très proche entre la taille de l'abri et la taille du homard est présente principalement chez les juvéniles (<30 mm LC) à cause de leur comportement très cryptique (Lawton et Lavalli 1995). Malgré tout, le phototactisme négatif est plus important et passe avant le « thigmotactisme » positif dans le choix de l'abri (Cobb 1971, Boudreau *et al.* 1990). Les expériences de Boudreau *et al.* (1990) suggèrent une aire minimale de 3,25 cm^2 pour un abri de postlarve. Les homards auraient, selon Cobb (1971), une préférence pour les abris avec deux entrées. Une entrée principale et une seconde plus petite permettant de fuir au besoin.

Dans les expériences de Sheehy (1976) au Rhode Island, on constate qu'il y a un plus grand nombre de homards dans les abris à chambre unique espacés de 30 cm et 61 cm et dans les abris à trois chambres. L'abondance était plus faible lorsque les abris à chambre unique étaient espacés de 122 cm et 244 cm. Ces résultats suggèrent que la proximité d'autres abris semble être un facteur critique dans la sélection d'un abri. La fréquence des occupations multiples observée dans les abris à chambres unique suggère également que la distance critique de voisinage pour les juvéniles est inférieure aux dimensions de ces abris (Sheehy 1976). Les expériences de Karnofsky *et al.* (1989a) ont démontré que les homards en prémue occupent plusieurs abris afin de décourager les autres homards de s'établir dans son environnement immédiat. Lorsque les abris sont rares, l'occupation multiple est occasionnellement observée.

Sur un même récif, il est préférable de retrouver une vaste gamme de formes, de dimensions et de nombre d'entrées pour abriter tous les stades de vie du homard. L'hétérogénéité et la complexité des abris semblent être des facteurs favorables pour l'établissement des populations de homards ainsi que d'autres espèces. L'avantage des récifs fait d'amoncellement de cailloux ou de blocs comme celui du détroit de Northumberland, de la baie de Narragansett ou de la Baie de Poole c'est qu'ils offrent justement une multitude et une grande diversité d'abris orientés dans toutes les directions favorisant l'établissement d'une population de homards de toutes tailles.

Lorsqu'un récif est créé pour accueillir uniquement les premiers stades benthiques du homard, comme c'est le cas à Caraquet, il est important de prévoir à proximité de ce dernier un second récif ou substrat offrant une vaste gamme d'abris de toutes tailles pour répondre aux besoins des stades subséquents. Ce récif complémentaire est important surtout pour les homards de 50 mm LC et moins car il s'agit d'une gamme de taille encore très vulnérable face à la prédation (Cooper et Uzmann 1977). De plus, selon Richards et Wickins (1979), les juvéniles du homard européen ont une croissance plus rapide s'il y a disponibilité d'abris adéquats. Les juvéniles dépenseraient moins d'énergie une fois abrités. Ceci peut aussi être vrai pour *H. americanus* .

3.2.5 Colonisation du récif

Une colonisation rapide par des espèces animales et algales est essentielle pour que le récif puisse procurer nourriture et abris pour tous les stades de vie du homard. Une surface relativement rugueuse et/ou poreuse facilite dès le début de la mise en place du récif l'encrage d'une microfaune et d'une couverture algale. Les observations sur les récifs de la baie de Cascapédia suggèrent une certaine importance de la couverture algale pour la protection contre les prédateurs. Les homards occupaient principalement les trous, les tuyaux et les espaces dont l'entrée est cachée par les algues (des laminaires dans ce cas-ci). La présence d'algues réduit également la force des courants près du substrat (Johns et Mann 1987) en plus de diminuer la pénétration de la lumière ce qui est favorable aux homards. De plus, les résultats de certains récifs semblent démontrer que le recrutement de postlarves a lieu deux ou trois ans après leur installation. Il est possible que le degré d'avancement de la colonisation soit un facteur qui influence la déposition des larves. Des expériences ont en effet démontré que les postlarves préfèrent en général

des fonds rocheux couverts d'algues et que la présence de macroalgues accélère la déposition (Botero et Atema 1982). La présence d'algues augmente le degré de protection contre les prédateurs en diminuant la visibilité des abris et permet aussi de créer un habitat secondaire pour bien d'autres espèces. La couverture d'algues permet donc l'établissement d'une macrofaune et d'une microfaune qui sert de nourriture aux homards. Boudreau *et al.* (1993) suggèrent que les postlarves sont capables de détecter des indices chimiques indiquant un substrat adéquat et de se déplacer en fonction de ces indicateurs. Ces indices chimiques proviennent principalement du couvert végétal, des prédateurs, des congénères et des proies potentielles comme les moules. Cette théorie confirmerait que l'avancement de la colonisation d'un récif serait un point important pour la déposition des larves.

3.3 Suivi des récifs

Le protocole de suivi des récifs est un élément important et il est nécessaire d'établir quand et comment les observations vont se faire et dans quel but. Cette réflexion doit se faire de préférence dès le début, à l'étape de la planification du projet et non *a posteriori*. La réflexion doit porter sur les variables à mesurer, les techniques, la stratégie et l'effort d'échantillonnage, ainsi que sur les analyses statistiques qui seront réalisées. L'évaluation doit tenir compte des objectifs de départ qui devraient être spécifiques et mesurables, et faisant référence à une valeur à atteindre qui traduirait le succès du projet. Lindberg et Relini (2000) proposent un cadre logique pour la planification et la préparation de l'étape d'évaluation et suggèrent de traduire les objectifs généraux en énoncé d'hypothèses testables. Cette façon d'aborder le suivi ne peut qu'aider à rehausser la crédibilité des résultats et des conclusions qui découleront de l'effort d'évaluation

3.3.1 Objectifs

Jusqu'à présent, les projets de récifs artificiels pour homard ont eu pour but de compenser des pertes d'habitats occasionnés par des activités humaines ou d'atténuer les effets de la limitation du nombre d'abris naturels nécessaires au homard tout au long de son cycle de vie. Selon le but visé, les récifs peuvent être créés pour répondre aux besoins de tous les stades de vie du homard ou viser un stade en particulier tels les juvéniles ou encore les postlarves. Pour bien évaluer l'efficacité d'un récif, il est important pour chacun des cas d'identifier les variables d'importance à mesurer, les critères de succès et la méthodologie à adopter.

3.3.2 Variables à mesurer

En général, on cherche à évaluer l'abondance, la biomasse et la taille des homards retrouvés sur un récif. La fidélité au récif ainsi que la colonisation du récif en fonction du temps sont également des variables importantes. Pour évaluer l'efficacité d'un récif à homard il faut également comparer les données obtenues sur le récif avec ce qui existait sur le site avant la mise en place des récifs et avec ce qui est retrouvé sur un site naturel abritant des populations de homards.

3.3.3 Techniques d'échantillonnage

La façon la plus simple d'échantillonner un récif, est de le faire en plongée sous-marine. Pour évaluer l'abondance des homards, il est possible de faire un survol visuel et dénombrer les homards qui y sont aperçus. Ceci donne un bon aperçu des populations installées sur le récif tout en minimisant le dérangement. Par contre, il ne renseigne pas sur la fidélité des homards et les gammes de tailles sont approximatives puisqu'une échelle relative de taille est utilisée dans ce type d'échantillonnage. De plus, le nombre de homards risque d'être sous-estimé car les plus petits individus peuvent passer inaperçus étant donné leur comportement plus cryptique.

Pour avoir des données plus précises sur le nombre de homard, sur leur taille et par conséquent sur la biomasse, il est nécessaire de capturer les homards et de les mesurer. Cette méthode a pour désavantage de perturber le site et elle demande plus de temps de plongée. Afin de minimiser ces deux points, il est possible d'effectuer ce genre d'échantillonnage seulement sur une ou plusieurs fractions du récif. Pour ce faire, il est possible d'utiliser un quadrat (des quadrats de $1m^2$ sont souvent utilisés) à l'intérieur duquel on récolte tous les homards. On peut aussi procéder à l'échantillonnage à l'intérieur d'un enclos de plus grande dimension (par exemple 8 m^2) lequel est constitué d'un filet d'une hauteur de 1 m environ qui permet d'éviter la fuite de certains homards. La combinaison de ces deux approches (échantillonnage visuel et échantillonnage avec prélèvement à l'intérieur de quadrats ou d'enclos) permet d'avoir des données précises pour une fraction de récif tout en ayant une vue d'ensemble.

Il est important aussi de marquer les homards capturés, peu importe leur taille, dans le but d'évaluer s'ils sont uniquement de passage sur le récif (effet attractif) ou s'ils habitent à long terme sur le récif (efficacité du récif) (voir Collins *et al.* 1997).

Les observations sur les récifs conçus pour les jeunes stades benthiques sont, quant à elles, plus difficiles étant donné la petite taille et le comportement cryptique de ces stades. En général, on échantillonne les premiers stades benthiques à l'aide d'un aspirateur, à l'intérieur de quadrats de plus petite surface, généralement de $0,25m^2$ à 0,5 m^2. Dans le cas des récifs installés à Caraquet, on a opté pour un échantillonnage intégral, en soulevant les abris et en aspirant tous les organismes présents. Ce type d'échantillonnage est relativement perturbant pour le milieu et pour les homards. Ce genre d'échantillonnage peut également impliquer une détérioration de la colonisation des abris par les autres espèces animales et algales ce qui n'est pas toujours recommandable. Il est cependant pratiquement impossible d'échantillonner autrement à cause de la conception de ce récif. Une solution serait d'échantillonner une fraction des abris uniquement et ainsi faire une évaluation du nombre de postlarves établie sur l'ensemble du récif.

3.3.4 Stratégie et effort d'échantillonnage

L'aspect quantitatif de l'évaluation est un point à ne pas oublier lors de la conception d'un récif. Le design du récif et l'arrangement spatial doivent être pensés aussi en fonction de l'analyse ultérieure des données.

Lorsqu'on procède avec un échantillonnage par quadrats, et que l'on ne possède pas de connaissances préalables sur la composition du récif, il est avisé d'opter pour un plan d'échantillonnage aléatoire simple. Toutefois, l'utilisation d'un plan d'échantillonnage systématique peut aussi être appropriée et permet d'évaluer la distribution des homards sur le récif. Il est ainsi possible d'évaluer si les homards se distribuent plus en bordure du récif ou s'ils sont uniformément distribués. Ce type d'échantillonnage aide aussi à la cartographie des composantes du récif. Dans le cas d'un récif composé de plusieurs îlots, il est nécessaire de répéter l'échantillonnage aléatoire simple sur un certain nombre d'îlots suivant un plan d'échantillonnage par degrés et de vérifier s'il y a des différences significatives entre les îlots avant de considérer l'ensemble des îlots comme formant un tout homogène. Dans le cas où l'on peut identifier des gradients ou des facteurs causant de l'hétérogénéité, on peut alors utiliser un plan d'échantillonnage stratifié. Il n'existe pas de règles générales. Chaque cas doit être étudié séparément et le choix de la stratégie d'échantillonnage devrait idéalement être appuyé sur des ouvrages de référence en statistiques comme à titre d'exemple, ceux de Cochran (1977) ou Frontier (1983).

Pour comparer l'efficacité du récif à un site naturel, il faut évaluer les mêmes variables dans les deux sites et autant que possible faire un échantillonnage semblable. L'approche BACI (Before/After/Control/Impact) proposée par Bernstein et Zalinski (1983) et Stewart-Oaten *et al.* (1986) permet d'évaluer les impacts de l'intervention par rapport à ce qui existait sur le site avant l'intervention et par rapport à un site témoin. Cette approche a été développée principalement pour l'analyse d'impacts environnementaux. Cette approche nécessite une réplication des échantillonnages dans le temps, sur le site avant et après l'installation des récifs, ainsi que sur un site témoin. Selon Underwood (1992) une réplication dans l'espace est aussi souhaitable afin de bien cerner la variabilité spatiale naturelle de la variable d'intérêt. Il suggère d'échantillonner plusieurs sites témoins, évitant ainsi un problème de pseudoréplication.

Le nombre d'échantillons à récolter va dépendre du degré de précision recherché au niveau des estimations d'abondance ainsi que du niveau de résolution nécessaire pour mettre en évidence des différences temporelles et spatiales. Il existe une procédure permettant de déterminer le nombre d'échantillons requis pour un degré de précision donné (Zar 1984). Cette procédure nécessite cependant une connaissance préalable de la variabilité de ce que l'on cherche à estimer. Cette variabilité peut être déduite d'observations tirées de la littérature ou mieux encore, obtenue par un échantillonnage élaboré à cette fin comme l'ont fait Wahle et Steneck (1991) pour déterminer le nombre de quadrats nécessaires pour évaluer l'abondance des homards juvéniles le long des côtes du Maine. Il s'agit de déterminer à partir de quel nombre d'échantillons la moyenne et la variance de la variable étudiée se stabilise. Une fois le nombre d'unités d'échantillonnage

variance de la variable étudiée se stabilise. Une fois le nombre d'unités d'échantillonnage établi, il faudrait idéalement échantillonner au moins une fois au printemps, à l'été et à l'automne pour avoir une bonne idée de la colonisation et de l'évolution du récif. Lorsque c'est possible, un échantillonnage en hiver est recommandable pour connaître la population de homards qui hiverne sur le récif.

Tel que mentionné par Portier *et al.* (2000), un bon suivi passe obligatoirement par un énoncé clair des objectifs, un choix approprié des techniques de mesures, un échantillonnage bien conçu et efficace et une analyse statistique robuste.

4.0 CONCLUSION

Selon Harmelin et Bellan-Santini (1996) un récif bien pensé, bien placé et bien conçu peut, dépendamment des objectifs fixés, augmenter la production de juvéniles par un recrutement local plus élevé et un meilleur taux de survie, augmenter le nombre d'individus de grande taille capables de produire une plus grande quantité d'œufs et de larves ainsi que protéger certaines aires de pêche. Un récif placé à une bonne profondeur, dans une zone adéquate où il y a possibilité de colonisation et de recrutement de postlarves peut certainement être productif pour le homard. Un récif productif en est un qui permet une étroite association entre celui-ci et des individus qui trouvent nourriture et protection sur ce dernier. La disponibilité de nourriture et la qualité des abris contre la prédation ont une influence directe sur la croissance et la survie des homards nouvellement établis sur un récif.

L'approche optimale pour la conception d'un récif artificiel est de connaître les préférences de l'espèce visée et connaître du mieux possible sa stratégie de sélection d'habitat. Dans le cas du homard, la survie de ce dernier dépend de la disponibilité de nourriture dans son environnement immédiat et de la protection qu'offre son habitat contre les prédateurs et les facteurs abiotiques. La complexité est un facteur très important dans le succès d'un récif et il est suggéré que plus un récif est complexe meilleur il est. La complexité d'un récif comprend son design, son arrangement spatial, son nombre d'abris et d'ouvertures ainsi que la quantité d'interstices. L'aire totale du récif est également un facteur auquel il faut apporter beaucoup d'attention. La connaissance du milieu récepteur est aussi un facteur essentiel au succès de l'entreprise car ultimement ce sont les conditions qui prévalent dans le milieu qui détermineront l'efficacité et la pérennité des récifs. Il est certainement possible de créer des récifs artificiels pour le homard qui soient efficaces. Par contre, ceux-ci exigent une planification et un suivi rigoureux. Les projets de récifs artificiels pour le homard réalisés jusqu'à maintenant et décrits ici permettront sans doute de par leur succès ou leur échec de mieux concevoir et réaliser de tels projets dans le futur.

5.0 REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement Hugo Bourdages pour ses recommandations sur les stratégies et l'effort d'échantillonnage ainsi que Denis Lefaivre et Simon Senneville pour leur aide dans la compréhension de la dynamique des courants et la dynamique des sédiments. Nous souhaitons également remercier Sophie Bérubé et Michel Comeau pour la révision du document et leurs commentaires constructifs. Nous désirons aussi souligner la participation de la Division de la gestion de l'habitat du poisson de la Direction des Océans et de l'Environnement au financement de cette étude.

6.0 RÉFÉRENCES

Aiken, D.E. et S. L. Waddy. 1986. Environmental influence on recruitment of the American lobster, *Homarus americanus* : a perspective. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 2258-2270.

Anonyme. 1995. Un cadre pour la conservation des stocks du homard de l'Atlantique. Rapport du Conseil pour la conservation des ressources halieutique. CCRH95. R.1, nov. 1995. 53 p.

Anonyme. 1999. Compte-rendu de la session d'information et de travail Québec/Nouveau-Brunswick. Aménagement de récifs artificiels et amélioration de l'habitat. 4 p.

Belles-Isles, M. 1995. Essai d'augmentation de la biomasse du homard « récifs artificiels ». Programme d'essai et expérimentation halieutiques et aquicoles, Rapport 95, Mariculture de Percé Inc. 68 p.

Bernard, M.-A. et M. Chouinard. 1997. HORTUS : Création d'un jardin marin dans la baie de Cascapédia. Programme Interactions communautaires de Saint-Laurent vision 2000, Ministère des Pêches et des Océans.

Bernstein, B. B. et J. Zalinski. 1983. An optimum sampling design and power tests for environmental biologists. J. Environ. Manage. 16 : 35-43.

Bohnsack, J.A. et D. L. Sutherland. 1985. Artificial reef research : a review with recommendations for future priorities. Bul. Mar. Sci. 37 : 11-39.

Bologna, P. A. X. et R. S. Steneck. 1993. Kelp beds as habitat for American lobster *Homarus americanus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 100 : 127-134.

Botero, L. et J. Atema. 1982. Behavior and substrate selection during larval settling in the lobster *Homarus americanus*. J. Crust. Biol. 2 : 59-69.

Boudreau, B., Y. Simard et E. Bourget. 1990. Benthic invertabrate larval response to substrate characteristics at settlement : shelter preferences of the American lobster *Homarus americanus*. Mar. Biol. 106 : 191-198.

Boudreau, B., Y. Simard et E. Bourget. 1992. Influence of a thermocline on vertical distribution and settlement of post-larvae of the American lobster *Homarus americanus* Milne-Edwards. J. Mar. Biol. Ecol. 169 : 35-49.

Boudreau, B., Y. Simard et E. Bourget. 1993. Behavioural responses of competent lobster postlarvae to odor plumes. Mar. Biol. 117 : 63-69.

Castro, K., J. S. Cobb, R. A. Wahle et J. Catena. 1998. Role of artificial reefs for lobsters in Rhode Island : enhancement or redistribution? Results of years one and two. University of Rhode Island Fisheries Center Technical Report 3 :1-14

Cobb, J.S. 1971. The shelter-related behavior of the lobster, *Homarus americanus*. Ecology 52 : 108-115.

Cobb, J.S. 1976. The American lobster : The biology of *Homarus americanus*. University of Rhode Island. Mar. Tech. Rep. 48 : 1-32.

Cobb, J.S., T. Gulbransen, B. F. Phillips, D. Wang et M. Syslo. 1983. Behavior and distribution of larval and early juvenile *Homarus americanus*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 : 2184-2188.

Cobb, J. S. et R. S. Wahle. 1994. Early life history and recruitment processes of clawed lobsters. Crustaceana 67 : 1-25.

Cobb, J. S., K. Castro, R. A. Wahle et J. Catena. 1998. Un récif artificiel pour le homard (*Homarus americanus*) au Rhode Island, États-Unis, p. 81-84. Dans L. Gendron (éd.). Compte-rendu d'un atelier de travail sur l'ensemencement des stocks de homard, tenu aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) du 29 au 31 octobre 1997. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 244. 143 p.

Cochran, W. G. 1977. Sampling techniques, third edition. John Wiley & Sons, Inc. 428 p.

Collins, K. et A. Jensen. 1997. Acceptable use of waste materials, p. 337-390. Dans A. C. Jensen (éd.). European Artificial Reef Research. Proceedings of the 1st EARRN conference, Ancona, Italy, March 1996. 449 p.

Collins, K., A. Jensen et P. Smith. 1997. Tagging, tracking and telemetry in artificial reef research, p. 293-304. Dans A. C. Jensen (éd.). European Artificial Reef Research. Proceedings of the 1st EARRN conference, Ancona, Italy, March 1996. 449 p.

Comeau, M. 1999. Evaluation of early postlarval lobster collectors in Northeastern New Brunswick – the 1998 progress report. Department of Fisheries and Oceans. Lobster Research Group, Moncton New Brunswick. 5 p.

Cooper, R.A. et J. R. Uzmann. 1977. Ecology of juvenile and adult clawed lobsters, *Homarus americanus, Homarus gammarus,* and *Nephrops norvegicus*, p. 187-208. Dans B. F. Phillips et J. S. Cobb (éds). Workshop on lobster and rock lobster ecology and physiology. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia), Division of Fisheries and Oceanography, circular 7. 300 p.

Cooper, R.A. et J. R. Uzmann. 1980. Ecology of juvenile and adult *Homarus*, p. 215-276. Dans J. S. Cobb et B. F. Phillips (éds.). The biology and management of lobsters. Vol. 1, Academic Press, New York. 463 p.

Fogarty M. J. et J. Idoine 1986. Recruitment dynamics in an American lobster (*Homarus americanus*) population. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43 : 2368-2376.

Frontier, S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris et Les Presses de l'Université Laval, Québec. 494 p.

Harding, G. C. 1992. Le homard d'Amérique (*Homarus americanus* Milne Edwards) : Document de travail sur ses besoins environnementaux et sur les phénomènes anthropiques se répercutant sur sa population. Rap. tech. can. sci. halieut. aquat. 1887. 44 p.

Harding, G. C., W. P. Vass et K. F. Drinkwater. 1982. Aspects of larval American lobster (*Homarus americanus*) ecology in St-Georges Bay, Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 1117-1129.

Harmelin, J.-G. et D. Bellan-Santini. 1996. Assessment of biomass and production of artificial reef communities, p. 305-322. Dans A. C. Jensen (éd.). European Artificial Reef Research. Proceedings of the 1st EARRN conference, Ancona, Italy, March 1996. 449 p.

Hudon, C. 1987. Ecology and growth of postlarval and juvenile lobster, *Homarus americanus*, off Îles de la Madeleine (Québec). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 :1855-1869.

Hudon, C. 1994. Large-scale analysis of Atlantic Nova Scotia American lobster (*Homarus americanus*) landings with respect to habitat, temperature, and wind conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51 : 1308-1321.

Jensen, A. C., K. J. Collins, E. K. Free et R. C. A. Bannister. 1994. Lobster (*Homarus gammarus*) movement on an artificial reef : the potential use of artificial reefs for stock enhancement. Crustaceana 67 : 198-211

Jensen, A. C., K. J. Collins et I. P. Smith. 1998. Le rôle des récifs artificiels dans les programmes d'amélioration des pêches de homard, p. 85-91. Dans L. Gendron (éd.). Compte-rendu d'un atelier de travail sur l'ensemencement des stocks de homard, tenu aux Îles-de-la-Madeleine (Québec) du 29 au 31 octobre 1997. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 244. 143 p.

Johns, P. M. et K. H. Mann. 1987. An experimental investigation of juvenile lobster habitat preference and mortality among habitats of varying structural complexity. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 109 : 275-285.

Jones, M. A. 1974. Analysis and design of an artificial lobster habitat. M. Sc. thesis, University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island. 194 p.

Karnofsky, E. B., J. Atema et R. H. Elgin. 1989a. Natural dynamics of population structure and habitat use of lobster, *Homarus americanus*, in a shallow cove. Biol. Bull. 176 : 247-256.

Karnofsky, E. B., J. Atema et R. H. Elgin. 1989b. Field observations of social behavior, shelter use, and foraging in the lobster, *Homarus americanus*. Biol. Bull. 176 : 239-246.

Lavalli, K. L. et D. E. Barshaw. 1989. Post-larval American lobsters (*Homarus americanus*) living in burrows may be suspension feeding. Mar. Behav. Physiol. 15 : 255-264.

Lawton, P. et K. L. Lavalli. 1995. Postlarval, juvenile, adolescent, and adult ecology, p. 47-88. Dans J. R. Factor (éd.). Biology of the lobster *Homarus americanus*. Academic Press, Inc. 528 p.

Lindberg, W. J. et G. Relini. 2000. Integrating evaluation into reef project planning, p. 195-235. Dans W. Seaman (éd.). Reef evaluation with application to a natural marine habitat. CRC Press. 246 p.

Mathews, H. 1981. Artificial reefs site : selection and evaluation, p. 50-54. Dans D. Y. Aska (éd.). Artificial Reefs : Conference proceedings. Florida Sea grant Report 41.

Miller, R. J. 1997. Spatial differences in the productivity of American lobster in Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54 : 1613-1618.

MPO 1998. Lignes directrices pour la conservation et la protection de l'habitat du poisson inspirées de la Politique de gestion de l'habitat du poisson (1986). Direction de la gestion de l'habitat, Gestion de l'habitat et des sciences de l'environnement, Pêches et Océans Canada. 18 p.

Ogawa, Y., S. Takeuchi et A. Hattori. 1977. An estimate of the optimal size of artificial reef. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. 30 : 39-45.

Phillips, B. F., J. S. Cobb et R. W. George. 1980. General biology, p. 2-82. Dans J. S. Cobb et B. F. Phillips (éds.). The biology and management of lobsters. Volume 1. Academic Press. 463 p.

Pickering, H. et D. Whitmarsh. 1997. Artificial reefs and fisheries exploration : a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy. Fish. Res. 31 : 39-59.

Portier, K. M., G. Fabi et P. H. Darius. 2000. Study design and data analysis issues, p. 21-50. Dans W. Seaman (éd.). Reef evaluation with application to a natural marine habitat. CRC Press. 246 p.

Richards, P. R. et J. F. Wickins. 1979. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, lobster culture research, laboratory leaflet No. 47. MAFF Directorate of Fisheries Research, Lowestoft.

Sainte-Marie, B. et D. Chabot. 2001. Changement ontogénique de l'alimentation des homards aux Îles-de-la-Madeleine, p. 38-47. Dans M. J. Tremblay et B. Sainte-Marie (réd.). Symposium sur le Programme intégré sur le homard canadien et son environnement (PINHCE) : résumés et sommaire des travaux. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. : ix + 130 p.

Scarratt, D. J. 1968. An artificial reef for lobsters (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 25 :2683-2690.

Scarratt, D. J. 1973a. Abundance, survival and vertical and diurnal distribution of lobster larvae in Northumberland strait, 1962-1963, and their relationship with commercial stocks. J. Fish. Res. Board Can. 30 : 1819-1824.

Scarratt, D. J. 1973b. Lobster populations on a man made rocky reef. ICES Shellfish and benthos committee. C.M 1973/K : 47.

Seaman, W. 2000. (éd.). Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats. CRC Press. 246 p.

Sheehy, D. J. 1976. Utilization of artificial shelters by the American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 33 :1615-1622.

Sheng, P. T. 2000. Physical characteristics and engineering at reef sites, p. 51-94. Dans W. Seaman (éd.). Reef evaluation with application to a natural marine habitat. CRC Press. 246 p.

Spanier, E. 1994. What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters? Crustaceana 67 : 173-186.

Spanier, E. 1997. Assessment of habitat selection behaviour in macroorganisms on artificial reefs, p. 323-336. Dans A. C. Jensen (éd.). European Artificial Reef Research. Proceedings of the 1st EARRN conference, Ancona, Italy, March 1996. 449 p.

Stewart, L. L. 1970. A contribution to the life history of the lobster, *Homarus americanus* (Milne Edwards). M.Sc. thesis. Univ. Conn., University of Connecticut, Storrs, CT. 50 p.

Stewart-Oaten, A., W. M. Murdoch et K. R. Parker. 1986. Environmental impact assessment : « pseudoreplication » in time ? Ecology 67 : 929-940.

Støttrup, J.G., S. Helming, J. K. Petersen, C. Krog, R. Zorn, H. T. Madsen et J. Olsen. 1998. Is there a case for artificial reefs in Denmark? ICES 1998/V: 5.

Underwood, A. J. 1992. Beyond BACI : the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable, world. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 161 : 145-178.

Wahle, R. A. et L. S. Incze. 1997. Pre- and post-settlement processes in recruitment of the American lobster. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 217 : 179-207.

Wahle, R. A. et R. S. Steneck. 1991. Recruitment habitats and nursery grounds of the American lobster *Homarus americanus* : a demographic bottleneck? Mar. Ecol. Prog. Ser. 69: 231-243.

Wahle, R.A. et R. S. Steneck. 1992. Habitat restrictions in early benthic life : experiments on habitat selection and *in situ* predation with the American lobster. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 157 : 91-114.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 718 p.